

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO**

**CARRERA:
INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:
INGENIERO ELECTRÓNICO E INGENIERA ELECTRÓNICA**

**TEMA:
ANÁLISIS TÉCNICO DE LAS RADIACIONES NO IONIZANTES EMITIDAS
POR ANTENAS TRANSMISORAS DE RADIODIFUSIÓN FM EN LA CIUDAD
DE QUITO**

**AUTORES:
JORMAN FAUSTO HINOJOZA PLATÓN
TALIA CAROLINA NAVARRO LÓPEZ**

**TUTORA:
EMMA VERÓNICA SORIA MALDONADO**

Quito, noviembre del 2018

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Nosotros Jorman Fausto Hinojoza Platón con documento de identificación N° 1723332068 y Talia Carolina Navarro López con documentos de identificación N° 1725569493, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo de titulación intitulado: “ANÁLISIS TÉCNICO DE LAS RADIACIONES NO IONIZANTES EMITIDAS POR ANTENAS TRANSMISORAS DE RADIODIFUSIÓN FM EN LA CIUDAD DE QUITO”, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de Ingenieros Electrónicos en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hacemos entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Jorman Fausto Hinojoza Platón
C.I.:1723332068

Talia Carolina Navarro López
C.I.:1725569493

Quito, noviembre del 2018

DECLARATORIA DE COAUTORÍA DE LA DOCENTE TUTORA

Yo declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el Proyecto Técnico, “ANÁLISIS TÉCNICO DE LAS RADIACIONES NO IONIZANTES EMITIDAS POR ANTENAS TRANSMISORAS DE RADIODIFUSIÓN FM EN LA CIUDAD DE QUITO” realizado por Jorman Fausto Hinojoza Platón y Talia Carolina Navarro López, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana, para ser considerados como trabajo final de titulación.

Quito, noviembre del 2018



Emma Verónica Soria Maldonado
C.I: 1715185961

DEDICATORIA

“Deja en manos de Dios todo lo que haces, y
tus proyectos se harán realidad.”

Proverbios 16:3

Dedico este proyecto de titulación a Dios y en especial a mis padres, Daniel y Martha, que siempre me apoyaron y creyeron en mí.

Jorman Fausto Hinojoza Platón

Dedico este proyecto principalmente a Dios y a mis padres. A Dios porque ha estado conmigo en cada paso que doy, cuidándome y dándome fortaleza para continuar, a mis padres, por ser el pilar fundamental de mi vida y por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional, además, de ser quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación. Depositando su entera confianza en cada reto que se me presentaba sin dudar ni un solo momento en mi inteligencia y capacidad.

Talia Carolina Navarro López

AGRADECIMIENTOS

A mis padres, que en cada etapa de mi vida me han brindado su cuidado, sabiduría y apoyo incondicional, a mis hermanas Carmen y Daniela, y en especial a Dios por estar siempre presente.

A la Universidad Politécnica Salesiana, a los docentes que la conforman, por proporcionarme las herramientas, técnicas y capacitación necesaria para afrontar la vida laboral y profesional.

A mi tutora, la Ing. Verónica Soria, por brindarme y compartirme sus conocimientos, experiencia y amistad, para concluir con éxito el presente trabajo.

Jorman Fausto Hinojoza Platón

A mis padres quienes a lo largo de toda mi vida me han apoyado y motivado en mi formación académica, creyeron en mí en todo momento y no dudaron de mis habilidades.

A mis profesores a quienes les debo gran parte de mis conocimientos, gracias a su paciencia y enseñanza y finalmente un eterno agradecimiento a esta prestigiosa universidad la cual abrió abre sus puertas a jóvenes como yo, preparándonos para un futuro competitivo y formándonos no solo como profesionales sino también como personas de bien.

Talia Carolina Navarro López

ÍNDICE DE CONTENIDO

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR	ii
DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR/A	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTOS	v
ÍNDICE DE CONTENIDO	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
ÍNDICE DE TABLAS	xi
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
INTRODUCCIÓN	xiv
CAPÍTULO 1	1
ANTECEDENTES	1
1.1 Planteamiento del problema.....	1
1.2 Justificación	2
1.3 Objetivos.....	2
1.3.1 Objetivo General.....	2
1.3.2 Objetivos Específicos	2
1.4 Metodología	3
CAPÍTULO 2	5
MARCO CONCEPTUAL	5
2.1 Radiación Electromagnética	5
2.1.1 Espectro Radioeléctrico.....	5
2.2 Radiaciones no Ionizantes	6
2.3 Radiocomunicaciones	6
2.4 Transmisión por modulación de frecuencia.....	7
2.5 Plan Nacional de Frecuencias	7
2.5.1 Atribución de banda de frecuencia	7
2.5.2 Asignación de una frecuencia a un canal radioeléctrico.....	8
2.5.3 Servicio de radiocomunicación	8
2.5.4 Servicio de radiodifusión.....	8
2.5.5 Estación	8
2.5.6 Características de las emisiones y de los equipos.....	8

2.5.7	Compartición de frecuencias	10
2.5.8	Atribución de bandas de frecuencias	10
2.6	Norma técnica FM	11
2.6.1	Términos y definiciones	12
2.6.2	Banda de frecuencias	12
2.6.3	Canalización de la banda de FM.....	12
2.6.4	Grupos de frecuencias	13
2.6.5	Distribución de frecuencias	13
2.6.6	Área de cobertura.....	13
2.6.7	Características técnicas.....	13
2.6.8	Intensidad de campo mínima a proteger.....	14
2.6.9	Sistema radiante de una estación de radio difusión sonora FM	15
2.7	Reglamento de Protección de Emisiones de RNI	15
2.7.1	Términos y definiciones	15
2.7.2	Régimen de protección y los límites máximos de exposición.....	17
2.7.3	Nivel de exposición simultanea por efecto de múltiples fuentes.....	18
2.7.4	Mediciones	19
2.8	Análisis de las normativas vigentes en el ecuador.....	19
2.9	Estado del arte.....	21
2.9.1	Estado actual de las emisoras en la ciudad de Quito	21
2.9.2	Trabajos previos de RNI.....	22
CAPÍTULO 3		24
MEDICIONES Y SIMULACIÓN		24
3.1	Determinación puntos de medición	24
3.1.1	Delimitación de las zonas de protección	24
3.1.2	Ubicación de los puntos.....	26
3.2	MEDICIONES	29
3.3	SIMULACIÓN	31
3.3.1	Antios	31
3.3.2	ICS Telecom	31
3.3.3	Creación del sistema radiante	32
3.3.4	Simulación de cobertura	33
CAPÍTULO 4		40
ANÁLISIS DE RESULTADOS.....		40

4.1	Determinación de los parámetros a comparar.....	40
4.2	Presentación de datos.....	40
4.2.1	Datos de mediciones.....	40
4.2.2	Datos de simulaciones.....	41
4.3	Análisis de datos.....	41
4.3.1	Fuentes individuales.....	41
4.3.2	Múltiples fuentes.....	51
4.3.3	Errores.....	52
CAPÍTULO 5.....		55
CONCLUSIONES.....		55
RECOMENDACIONES.....		57
REFERENCIAS.....		58
ANEXOS.....		1
	Anexo 1.....	1
	Anexo 2.....	2
	Anexo 3.....	3
	Anexo 4.....	4
	Anexo 5.....	6
	Anexo 6.....	7
	Anexo 7.....	14

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2. 1 Espectro Radioeléctrico	6
Figura 2. 2 Mapa mundial de atribución de frecuencias.....	11
Figura 3. 1 Esquema de los límites entre zonas.....	26
Figura 3. 2 Esquema de las antenas en el Cerro Pichincha	26
Figura 3. 3 Medidor de Radiación Selectivo	30
Figura 3. 4 Garmin GPSmap 60CSx	30
Figura 3. 5 Esquema del arreglo de antenas	33
Figura 3. 6 Patrón de radiación horizontal y vertical	33
Figura 3. 7 Parámetros específicos ingresados en el software	35
Figura 3. 8 Parámetros y patrón de radiación del arreglo de antenas.....	35
Figura 3. 9 Esquema del tamaño del arreglo de antenas	36
Figura 3. 10 Parámetros generales de la simulación	37
Figura 3. 11 Resultados de la simulación.....	39
Figura 3. 12 Resultados de la simulación exportados a Google Earth	39
Figura 4. 1 Densidad de Potencia en el Cerro Pichicha.....	42
Figura 4. 2 Intensidad de Campo Eléctrico en el Cerro Pichicha.....	42
Figura 4. 3 Intensidad de Campo Magnético en el Cerro Pichicha	43
Figura 4. 4 Representación del cumplimiento de las estaciones	43
Figura 4. 5 Densidad de Potencia en Ponceano.....	44
Figura 4. 6 Intensidad de Campo Eléctrico en Ponceano	45
Figura 4. 7 Intensidad de Campo Magnético en Ponceano	45
Figura 4. 8 Densidad de Potencia en Iñaquito	45
Figura 4. 9 Intensidad de Campo Eléctrico en Iñaquito	46
Figura 4. 10 Intensidad de Campo Magnético en Iñaquito	46
Figura 4. 11 Densidad de potencia en el Centro Histórico.....	46
Figura 4. 12 Intensidad de Campo Eléctrico en el Centro Histórico.....	47
Figura 4. 13 Intensidad de Campo Magnético en el Centro Histórico	47
Figura 4. 14 Densidad de Potencia en Chimbacalle	47
Figura 4. 15 Intensidad de Campo Eléctrico en Chimbacalle	48
Figura 4. 16 Intensidad de Campo Magnético en Chimbacalle.....	48
Figura 4. 17 Densidad de Potencia en Solanda	48
Figura 4. 18 Intensidad de Campo Eléctrico en Solanda.....	49

Figura 4. 19 Intensidad de Campo Magnético en Solanda	49
Figura 4. 20 Densidad de Potencia en La Delicia.....	49
Figura 4. 21 Intensidad de Campo Eléctrico en La Delicia.....	50
Figura 4. 22 Intensidad de Campo Magnético en La Delicia	50

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2. 1 Banda de frecuencias	7
Tabla 2. 2 Límites máximos de operación.....	18
Tabla 2. 3 Frecuencias concesionadas en Quito	22
Tabla 3. 1 Límites de zonas	25
Tabla 3. 2 Coordenadas geográficas	26
Tabla 3. 3 Sectores de medición	27
Tabla 3. 4 Coordenadas geográficas Ponceano	27
Tabla 3. 5 Coordenadas geográficas Ñaquito	28
Tabla 3. 6 Coordenadas geográficas Centro Histórico	28
Tabla 3. 7 Coordenadas geográficas Chimbacalle.....	28
Tabla 3. 8 Coordenadas geográficas Solanda.....	28
Tabla 3. 9 Coordenadas geográficas La Delicia	29
Tabla 3. 10 Características de la antena Kathrein 772500	32
Tabla 3. 11 Parámetros específicos de la estación radiodifusora “La radio de la Asamblea Nacional”	34
Tabla 4. 1 Límites de las zonas de protección	41
Tabla 4. 2 Estaciones que sobrepasan los límites de la norma	44
Tabla 4. 3 Relación respecto a la distancia.....	51
Tabla 4. 4 Resultados de la exposición a múltiples fuentes	51
Tabla 4. 5 Diferencia entre los valores medidos y simulados	52
Tabla 4. 6 Error entre los valores medidos y simulados.....	53

RESUMEN

Gran parte de los estudios que se han realizado acerca de Radiaciones no Ionizantes (RNI) se encuentran enfocados a radiobases de telefonía celular, televisión abierta u otras bandas de frecuencias, los mismos que constituyen un punto de partida para el desarrollo del presente trabajo de titulación, el cual se centra en la realización del análisis de los campos electromagnéticos producidos por las antenas transmisoras de radiodifusión FM en la ciudad de Quito, la misma que es una de las principales urbes del país y la segunda más poblada, por lo tanto existe una mayor cantidad de personas expuestas a las radiaciones y un alto índice de desconocimiento del cumplimiento de las normas. Por lo cual, el estudio está orientado a realizar mediciones de los sistemas radiantes de las estaciones matrices ubicadas en el Cerro Pichincha en diferentes puntos estratégicos de la ciudad, para verificar el cumplimiento de los límites establecidos en el Reglamento de Protección de Emisiones de RNI para densidad de potencia, intensidad de campo eléctrico e intensidad de campo magnético. Adicionalmente, se realizará la simulación de cada una de las estaciones para obtener valores teóricos en condiciones ideales, los cuales posteriormente serán comparados con las mediciones realizadas.

ABSTRACT

A large part of the studies that have been carried out on non-ionizing radiation (NIR) are focused on cell phone bases stations, open television or other frequency bands, which constitute a starting point for the development of the present work of titling, which focuses on the realization of the analysis of the electromagnetic fields produced by the transmitting FM broadcasting antennas in the city of Quito, which is one of the main cities in the country and the second most populated, therefore there is a greater number of people exposed to radiation and a high level of ignorance of compliance with standards. Therefore, the study is oriented to make measurements of the radiant systems of the parent stations located in Cerro Pichincha in different strategic points of the city, to verify compliance with the limits established in the NIR Emissions Protection Regulations for power density, electric field strength and magnetic field strength. Additionally, the simulation of each of the stations will be performed to obtain theoretical values under ideal conditions, which will then be compared with the measurements made.

INTRODUCCIÓN

Actualmente con el desarrollo de las telecomunicaciones han surgido nuevos medios de comunicación, sin embargo, estas nuevas tecnologías no han logrado desplazar o disminuir la demanda que existe de las frecuencias de radiodifusión FM, especialmente en la ciudad de Quito en la cual se encuentran concesionados cincuenta frecuencias de los cien canales disponibles para dicha banda, motivo por el cual existe un gran número de antenas de radiodifusión. Estas antenas se encuentran ubicadas en su mayoría en el Cerro Pichincha debido a la topología de la ciudad, convirtiéndose así en el principal punto de interés del estudio. Por lo cual el presente proyecto técnico se encuentra enfocado a la verificación del cumplimiento del Reglamento de Protección de Emisiones de RNI de las antenas transmisoras del sistema FM.

La estructura del documento se compone de la siguiente manera:

En el capítulo uno se analizará la motivación del proyecto, el problema de estudio, los objetivos y por último se describirá las metodologías a utilizarse en el proyecto. En el capítulo dos se detallará el marco conceptual, el cual contiene conceptos básicos acerca de las radiaciones electromagnéticas, incluyendo los reglamentos y normas vigentes en el país, que regulan el servicio de radiodifusión FM y el cumplimiento de los límites de exposición a los campos electromagnéticos, además se realizará un análisis de estas.

El capítulo tres dará a conocer los puntos estratégicos dentro de la ciudad de Quito para la realización de las mediciones, la descripción de los equipos de medición y de los software a utilizarse y un ejemplo de las simulaciones de cobertura. El capítulo cuatro presentará los parámetros a compararse, los datos obtenidos de las mediciones y las simulaciones adicionalmente el análisis de los mismos. Finalmente, el capítulo cinco mostrará las conclusiones y recomendaciones consecuentes del estudio técnico realizado.

CAPÍTULO 1

ANTECEDENTES

En este capítulo se analizará el planteamiento del problema, la justificación, se detallarán los objetivos y se describirá la metodología utilizada. Además, se empleará como base de estudio: el Reglamento de Protección de Emisiones de RNI, las normas técnicas y las antenas transmisoras de las estaciones matrices del sistema FM que se encuentran en el Cerro Pichincha y brindan servicio a la ciudad de Quito.

1.1 Planteamiento del problema

Hoy en día, todos estamos expuestos a radiaciones no ionizantes en mayor o menor grado. Conforme se ha ido desarrollando la sociedad y a la par el aumento del uso de dispositivos electrónicos, se ha producido una creciente exposición a las radiaciones no ionizantes. Por este motivo se hace necesario realizar un estudio técnico acerca del cumplimiento de los parámetros establecidos para los niveles de radiación no ionizante en la ciudad de Quito, producidos por antenas transmisoras de radiodifusión. En entrevistas mantenidas con el personal técnico de la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones (ARCOTEL), manifestaron que para el caso de las antenas de radiodifusión FM existe un número limitado de estudios realizados y enfocados específicamente a la ciudad de Quito. La mayoría de los estudios y mediciones de RNI realizadas para entidades públicas o privadas son orientadas a tecnología de telefonía móvil u otras bandas de frecuencia como la televisión abierta, entre algunos de estos estudios se pueden mencionar:

- Análisis técnico de las radiaciones electromagnéticas emitidas por las antenas de radiobases celulares en la ciudad de Guayaquil. (Avendaño, Gonzaga, & Ruiz, 2013)
- Medición y Simulación de RNI para las bandas MF, HF, VHF y UHF de broadcast en la ciudad de Cuenca. (Barros & Jimbo, 2011)

Los criterios de evaluación para la exposición a campos electromagnéticos suelen basarse mayormente en la aplicación de los niveles recomendados por la Comisión Internacional sobre Protección Frente a Radiaciones No Ionizantes (ICNIRP) para

exposiciones laborales y de público en general, información que es desconocida por la población. El control del cumplimiento de los límites establecidos para RNI en el Ecuador se encuentra a cargo de la ARCOTEL.

1.2 Justificación

El presente proyecto técnico se encuentra enfocado a realizar las mediciones de las radiaciones no ionizantes producidas por las antenas en transmisión de las estaciones matrices de radiodifusión FM en el Cerro Pichincha y puntos estratégicos en la ciudad de Quito los mismos que serán seleccionados procurando cubrir el territorio de la ciudad y en base a la densidad poblacional de las diferentes zonas, según datos obtenidos del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), teniendo en cuenta que los lugares elegidos se encuentran en la zona poblacional del campo electromagnético generado por las antenas. La comparación de los resultados obtenidos de las mediciones en los diferentes puntos elegidos permitirán comprobar si radiaciones se encuentran dentro de los niveles máximos permitidos en el “Reglamento de Protección de Emisiones de RNI” controlado por el ente regulador del país, en este caso la ARCOTEL. Con el desarrollo del proyecto se dará a conocer el cumplimiento de los parámetros establecidos para los niveles de las radiaciones no ionizantes de estaciones de radiodifusión FM.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Verificar las radiaciones no ionizantes emitidas por las antenas transmisoras de radiodifusión FM para que cumplan las normas nacionales y recomendaciones internacionales de las estaciones que sirven a la ciudad de Quito.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Analizar la normativa técnica vigente nacional y las recomendaciones internacionales sobre RNI para tener una base en la cual sustentar las mediciones a realizar y parámetros que se deben cumplir.

- Determinar los puntos estratégicos para la realización de las mediciones y posterior análisis con los resultados obtenidos de forma teórica.
- Realizar mediciones de las radiaciones no ionizantes producidas por las antenas de radiodifusión FM en transmisión, en el Cerro Pichincha y en los puntos estratégicos de la ciudad de Quito para obtención de datos medidos.
- Simular la cobertura de un sistema FM para la recolección de datos teóricos de campo eléctrico y la densidad de potencia generadas por las antenas.
- Comparar las mediciones realizadas con los datos obtenidos de la simulación, las normas nacionales y recomendaciones internacionales para la verificación del cumplimiento de la banda de frecuencias FM.

1.4 Metodología

Para la realización del presente proyecto se tomó como metodología de investigación los siguientes métodos que se describen a continuación, los cuales permitieron verificar el cumplimiento del Reglamento de Protección de Emisiones de RNI vigente en el país, también facilitaron la comparación de los datos obtenidos en las mediciones y de los datos resultantes de las simulaciones.

- **Método de Análisis.** – Se comenzó con la identificación de cada una de las actividades que se efectuarán para la realización de las mediciones, analizando las variables que son afectadas y que componen el objeto de estudio.
- **Método de Síntesis.** – Se realizó un proceso de razonamiento para la construcción de la hipótesis generada acerca del cumplimiento de las normas nacionales y recomendaciones internacionales de RNI.
- **Método Experimental.** – Se aplicó el método experimental mediante las pruebas realizadas en los diferentes puntos de la ciudad de Quito, los cuales se establecieron previamente, para demostrar las hipótesis planteadas, comparando el cumplimiento de los parámetros.
- **Método Inductivo.** – Permite establecer relaciones entre las investigaciones previas para formular leyes teóricas que nos expliquen si es necesario apoyarnos en otras investigaciones existentes en el estudio sobre las radiaciones electromagnéticas no ionizantes.

- **Método Comparativo.** – Este método permitió comparar los datos obtenidos en los puntos con mayor exposición a las radiaciones no ionizantes generadas por los campos electromagnéticos, con otros lugares en los cuales el nivel de exposición sea menor, para poder indicar los resultados y demostrar que se han cumplido los objetivos propuestos para el estudio.

CAPÍTULO 2

MARCO CONCEPTUAL

En este capítulo se presentará las bases teóricas, normas y reglamentos en los cuales se fundamenta la radiodifusión FM, además del análisis de las mismas. Se describirá el estado actual de las estaciones de radiodifusión FM en la ciudad de Quito y se mencionará algunos trabajos previos realizados en torno a temas similares.

2.1 Radiación Electromagnética

La radiación electromagnética genera ondas que se propagan libremente por el espacio vacío, las cuales son denominadas ondas electromagnéticas (EM) que están constituidas por los campos eléctricos y campos magnéticos las mismas que se encuentran oscilando en un ángulo de 90° uno respecto al otro y con la dirección de propagación de la onda (Serway & Jewett, 2009). Cuando una carga q se mueve con una aceleración cualquiera a su alrededor se crea un campo electromagnético oscilante el cual se propaga de forma ondulatoria, dando lugar a la radiación electromagnética. (Requena & Zúñiga, 2004)

2.1.1 Espectro Radioeléctrico

El espectro radioeléctrico es la distribución de las ondas electromagnéticas según su frecuencia y longitud de onda, las cuales se dividen en dos, ondas ionizantes y ondas no ionizantes. Toda la gama de frecuencias constituye el espectro electromagnético, el cual incluye ondas como las de la luz visible, rayos gamma, rayos X, ondas infrarrojas, ondas ultravioletas y ondas de radio, puesto que comparten las siguientes propiedades:

- Las ondas EM están compuestas de un campo magnético y eléctrico con la misma frecuencia.
- La velocidad de fase de ondas EM que se propagan en el vacío es constante e igual a la velocidad de la luz (c).
- La longitud de onda (λ) EM en el vacío, está relacionada con la frecuencia (f) y la velocidad de la luz (c). (Fawwaz T., 2007)

Figura 2. 1 Espectro Radioeléctrico

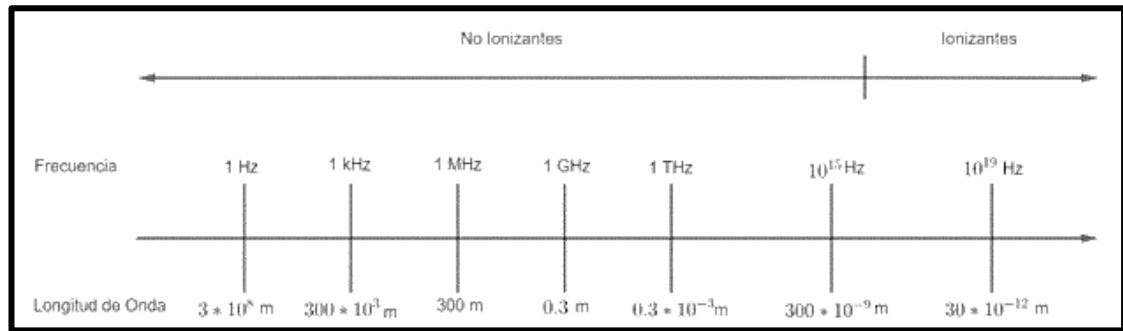


Diagrama del espectro Radioeléctrico, mostrando la frecuencia, longitud de onda y los segmentos de ondas ionizantes y no ionizantes, elaborado por: Jorman Hinojoza y Talia Navarro.

2.2 Radiaciones no Ionizantes

Las radiaciones no ionizantes (RNI) son aquellas radiaciones que no poseen la energía suficiente como para arrancar los electrones de los átomos con los que interactúan, es decir, que no pueden romper enlaces at micos. Algunos ejemplos de este tipo de radiaciones son: la radiación ultravioleta (UV), las radiofrecuencias (RF), las microondas (MW), los campos eléctricos y magnéticos est ticos. (Gobierno de la ciudad de Buenos Aires, 2006)

2.3 Radiocomunicaciones

Las radiocomunicaciones son el método por el cual es posible el intercambio de información entre dos puntos geográficos alejados uno del otro, mediante la emisión y recepción de ondas electromagnéticas que emplean el espectro radioeléctrico de las ondas no ionizantes. Los sistemas de radiocomunicaciones utilizan las frecuencias comprendidas entre los 30 kHz a 300 GHz, cada banda de frecuencias tiene relación con el alcance que logra tener y a la vez con su modo de propagación, por esta razón la asignación de cada uno de los intervalos de frecuencias se lo realiza de acuerdo con el tipo de servicio como se muestra más detalladamente en la tabla 2.1 (Lechtaler & Fusario, 2013). La asignación de los intervalos de frecuencias anteriormente mencionados está regulada en su mayoría por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) (Lechtaler & Fusario, 2013), sin embargo, en el Ecuador la ARCOTEL es la encargada de regular la asignación del espectro radioeléctrico en el país.

Tabla 2. 1 Banda de frecuencias

Nombre	Abreviatura UIT	Intervalo de Frecuencias	Longitud de Onda	Servicios
Baja Frecuencia Low Frequency	LF	30 - 300 kHz	10 - 1 km	Móvil marítimo Radionavegación Radio faros
Media Frecuencia Medium Frequency	MF	300 - 3000 kHz	1 km - 100 m	Radiodifusión
Alta Frecuencia High Frequency	HF	3 - 30 MHz	100 - 10 m	Radioaficionados Comunicaciones onda corta
Muy Alta Frecuencia Very High Frequency	VHF	30 - 300 MHz	10 - 1 m	TV - Radio FM Radio llamadas Radioaficionados
Ultra Alta Frecuencia Ultra High Frequency	UHF	300 - 3000 MHz	1 m - 100 mm	Microondas Comunicaciones móviles TV
Súper Alta Frecuencia Super High Frequency	SHF	3 - 30 GHz	100 - 10 mm	Microondas Satélites
Extra Alta Frecuencia Extremely High Frequency	EHF	30 - 300 GHz	10 - 1 mm	Satélites Radionavegación Radionavegación satelital

Tabla de frecuencias empleadas en la radiodifusión y servicios que se prestan a través de ellas, elaborado por: Jorman Hinojoza y Talia Navarro.

2.4 Transmisión por modulación de frecuencia

La transmisión por modulación de frecuencia (FM) es la técnica donde se realiza la variación de la frecuencia de una señal portadora de amplitud constante, lo cual permite la transmisión de información. La transmisión FM presenta ciertas ventajas sobre otros tipos de modulación, mejorando la relación señal a ruido (SNR), una mayor resistencia a interferencias y al efecto del desvanecimiento, además de una mejora en la fidelidad del sistema y uso más eficiente de la potencia. (Tomasi, 2003)

2.5 Plan Nacional de Frecuencias

2.5.1 Atribución de banda de frecuencia

Registro de una banda de frecuencias determinada en el Cuadro de Atribución de bandas de frecuencias para ser usada en un único o múltiples servicios de radiocomunicaciones.

2.5.2 Asignación de una frecuencia a un canal radioeléctrico

Concesión dada por una administración para que sea posible la utilización de una frecuencia determinada por una estación radioeléctrica dentro de condiciones establecidas.

2.5.3 Servicio de radiocomunicación

Servicio que está orientado a fines específicos de telecomunicaciones en cuanto a la transmisión, emisión o la recepción de información con el uso de ondas radioeléctricas.

2.5.4 Servicio de radiodifusión

Servicio de radiocomunicación en el cual el público en general recibe directamente las emisiones de servicios que abarcan las emisiones sonoras, de televisión o de otro género. (ARCOTEL, 2017)

2.5.5 Estación

Conjunto de transmisores o receptores, o una combinación de estos, los cuales garantizan el servicio de radiocomunicación para una determinada zona geográfica. Entre los distintos tipos de estaciones que existen, se tiene la estación radiodifusora, la cual es utilizada para brindar el servicio de radiodifusión.

2.5.6 Características de las emisiones y de los equipos.

En el presente apartado se va a tratar acerca de las principales características que se toman en cuenta para la emisión de las ondas radioeléctricas, además de los equipos que se emplean para la prestación del servicio de radiocomunicaciones, específicamente radio FM.

- Radiación (radioeléctrica). – Flujo de energía emitido por una fuente, en forma de ondas radioeléctricas.
- Emisión. – Radiación generada por una estación transmisora.

- Clase de emisión. – Propiedades que posee la emisión, tales como: la naturaleza de la señal moduladora, tipo de modulación de la portadora, tipo de información a transmitir.
- Banda de frecuencias asignadas. – Ancho de banda de frecuencias asignado para una emisión de un determinado servicio, la cual está formada por el ancho de banda necesario más el doble del valor absoluto de la tolerancia de frecuencia.
- Frecuencia asignada. – Frecuencia central de la banda de frecuencias asignada.
- Frecuencia característica. – Frecuencia a la cual es fácil identificar y medir.
- Frecuencia de referencia. – Frecuencia que en relación con la frecuencia asignada tiene una posición fija y determinada.
- Tolerancia de frecuencia. – Desviación límite permitida entre las frecuencias referencia y la frecuencia característica.
- Anchura de banda necesaria. – Ancho de banda necesario y suficiente para garantizar calidad y velocidad de la información transmitida.
- Potencia media (de un transmisor radioeléctrico). – Potencia proporcionada a la alimentación de una antena por un transmisor en el periodo que corresponde a la más baja frecuencia del componente de modulación comparado durante un largo intervalo de tiempo.
- Potencia de la portadora (de un transmisor radioeléctrico). – Promedio de la potencia entregada a la alimentación de una antena de un transmisor en el transcurso de un ciclo radioeléctrico en carencia de una señal moduladora.
- Ganancia de una antena. – Relación entre la potencia de entrada de una antena isotrópica y la potencia entregada a la entrada de la antena analizada, para que en una dirección específica generen la misma densidad de flujo de potencia.
- Potencia isotrópica radiado equivalente (P.I.R.E.). – Producto de la ganancia directiva por la potencia entregada a la antena analizada con respecto a una antena de referencia sin pérdidas.
- Potencia radiada aparente (P.R.A.) (en una dirección dada). – Producto de la ganancia directiva por la potencia entregada a la antena analizada con respecto a un dipolo de media onda.

2.5.7 Compartición de frecuencias

Al hablar de la compartición de frecuencias se hace referencia al uso eficiente del espectro radioeléctrico, lo cual quiere decir que más de un servicio, aplicación o usuario puede hacer uso del mismo recurso espectral, permitiendo optimizar los servicios que brinda el sector de las telecomunicaciones, generando una compartición desagregada en el sector. Es posible compartir la misma frecuencia en zonas geográficas distantes entre sí, cuando se utiliza en lapsos de tiempo alternos entre usuarios o por el tipo de servicio, debido a que así no existen interferencias. (Agencia Nacional del Espectro A.N.E., 2017)

- Interferencia. – Degradación o pérdida de la información causada por energía no deseada que puede provenir de distintas fuentes, como radiaciones, inducciones o una combinación de ambas sobre el sistema.
- Relación de protección RF. – Valor mínimo de la relación entre la señal desea y no deseada en el receptor.

2.5.8 Atribución de bandas de frecuencias

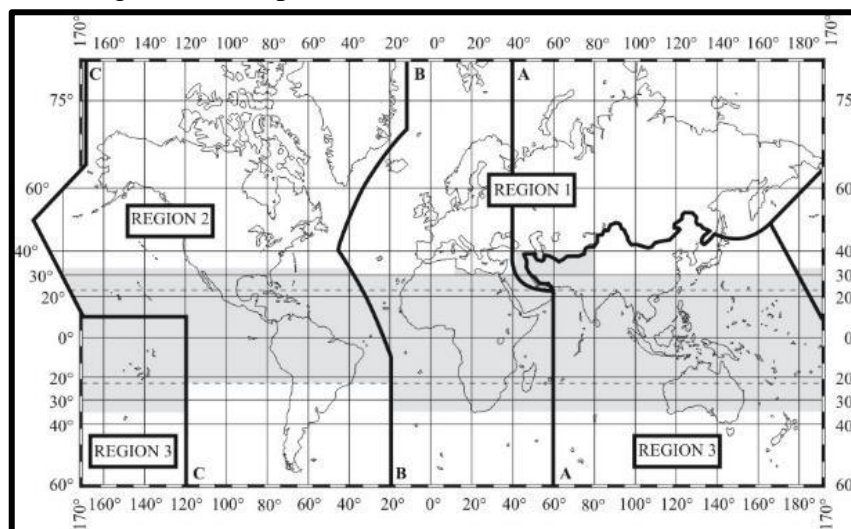
El espectro radioeléctrico se compone por nueve bandas de frecuencias, las cuales se encuentran detalladas en la tabla 2.1, rigiéndose al Plan Nacional de frecuencias.

- Asignación y empleo de las frecuencias. – Para el correcto funcionamiento de los servicios que se prestan mediante el uso de las frecuencias del espectro radioeléctrico, la administración ecuatoriana limita al mínimo indispensable este recurso. La asignación de frecuencias o cualquier modificación sobre las mismas o alguna de sus características fundamentales, se realiza de tal forma que no interfiera de manera perjudicial con los servicios prestados mediante las frecuencias asignadas conforme al Plan Nacional de Frecuencias.

Cuando una misma banda de frecuencias está atribuida a servicios diferente en regiones o zonas adyacentes, estos servicios funcionarán de tal manera que no se interfieran perjudicialmente.

- Regiones y zonas. – El mundo está dividido en tres regiones para la atribución de frecuencias, como se observa en la figura 2.2.

Figura 2. 2 Mapa mundial de atribución de frecuencias



División del mundo en regiones para atribución de bandas de frecuencias, (ARCOTEL, 2017)

De acuerdo con lo establecido en el Plan Nacional de Frecuencias se tiene las siguientes regiones:

Región 1: región comprendida entre la línea A y la línea B, incluyendo a Rusia, Azerbaiyán, Turkmenistán, Kazajistán, Georgia, Mongolia, Uzbekistán, Ucrania, Kirguistán, Tayikistán, Turquía.

Región 2: esta región se encuentra delimitada por la línea B y la línea C.

Región 3: región comprendida entre la línea C y la línea A, excluyendo los países mencionados en la Región 1 y parte de la República Islámica.

- Categoría de los servicios y de las atribuciones. – En el Plan Nacional de frecuencias existen dos tipos de servicios, los primarios y los secundarios. Los servicios secundarios no deben interferir perjudicialmente a los servicios primarios, si los servicios secundarios se ven perjudicados por interferencias de servicios primarios, estos no pueden reclamar protección, pero si son afectados por interferencias de servicios secundarios tienen derecho a la protección.

2.6 Norma técnica FM

En este punto se tratará acerca de las condiciones técnicas de los sistemas de radiodifusión sonora FM, además del análisis técnico para la asignación de frecuencias mencionado en la sección 2.5 Plan Nacional de Frecuencias. (ARCOTEL, 2015)

2.6.1 Términos y definiciones

Los términos que a continuación se detallan también tienen aplicación en el Plan Nacional de Frecuencias.

- Estación matriz. – Es la suma de instalaciones, transmisor y control máster, primordiales para que una estación de radiodifusión FM brinde el servicio a un área geográfica determinada y autorizada.
- Sistema de radiodifusión sonora FM. – Agrupación de la estación matriz y de las estaciones repetidoras, las cuales transmiten de forma continua y a la vez la misma información.
- Estudio principal (control máster). – Área donde se crea la información, la cual es enviada al transmisor principal.
- Sistema de radiodifusión de datos (RDS). – Protocolo destinado a la banda de frecuencias comprendida entre los 88 MHz y 108 MHz para el envío de información acerca de la estación radiodifusora, que no es perceptible por los usuarios.
- Señal de radiofrecuencia RF. – Es la composición de una señal en banda base con una portadora FM.

2.6.2 Banda de frecuencias

En el Plan Nacional de Frecuencias se encuentre aprobada la banda principal de frecuencias para el servicio de radiodifusión FM, que está comprendida entre 88 a 108 MHz.

2.6.3 Canalización de la banda de FM

La banda de frecuencias FM mencionada anteriormente, está dividida en 100 canales, los cuales tienen entre si una separación de 200 kHz. La primera frecuencia útil es la 88.1 MHz y la última es la 107.9 MHz. (ANEXO 1)

2.6.4 Grupos de frecuencias

En Ecuador se han establecido, para la distribución y asignación de frecuencias, seis grupos de frecuencias, de los cuales, cada uno de los cuatro primeros grupos poseen 17 frecuencias, mientras que los dos grupos restantes poseen 16 frecuencias respectivamente. Entre las frecuencias que componen un mismo grupo existe una separación de 1200 kHz. Existe 400 kHz de separación mínima entre frecuencias portadoras adyacentes que sirven a una misma área de operación. (ANEXO 2)

2.6.5 Distribución de frecuencias

Para reducir la interferencia co-canal se realiza la repartición de frecuencias según el área de operación en el que se encuentran las estaciones.

2.6.6 Área de cobertura

El área de cobertura de una estación radiodifusora es la zona en la cual se brinda el servicio. Existe dos tipos de área de cobertura: área de cobertura principal y área de cobertura secundaria, la primera hace referencia a la población en la cual se va a dar el servicio y en donde la intensidad de campo debe ser mayor o igual a la intensidad de campo mínima, mientras que la segunda se refiere a las zonas aledañas al área de cobertura principal teniendo una intensidad de campo correspondiente a los valores en los bordes del área principal.

2.6.7 Características técnicas

Para la correcta instalación de una estación radiodifusora FM, se tendrá en cuenta los siguientes parámetros técnicos:

- Ancho de banda. – Para una emisión estereofónica el ancho de banda es de 220 kHz mientras que para una emisión monofónica el ancho de banda es 180 kHz, cada una con una tolerancia del 5%. (ARCOTEL, 2015)
- Separación entre portadoras. – Es una característica técnica que permite garantizar la calidad de audio entre canales contiguos, este parámetro determina el número de canales disponible en la banda de frecuencias, puesto

que si la separación entre portadoras es muy grande el número de canales se reduce, caso contrario si esta separación es muy pequeña existe interferencias en las transmisiones. (Instituto Federal de Telecomunicaciones)

- Potencia de operación. – Potencia suministrada al sistema radiante desde el transmisor. (ARCOTEL, 2015)
- Potencia efectiva radiada (P.E.R.). – Es la medida de la potencia en su máxima dirección de irradiación, se la obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$PER (kw) = P_T(kw) * 10^{\left[\frac{G(dBd)-Pérdidas(dB)}{10}\right]} \quad \text{Ec. (2.1)}$$

Donde:

$P_T(kw)$ es la potencia de salida del transmisor

$G(dBd)$ es la ganancia del sistema radiante

$Pérdidas(dB)$ corresponde a líneas de transmisión, conectores, etc.

- Tolerancia de frecuencia. – límite máximo permitido en la variación de la frecuencia de la portadora, el cual es de $\pm 2\text{kHz}$.
- Protección contra interferencias. – Cada estación de radiodifusión FM es responsable de la interferencia que podría generarles a otras estaciones, por lo que deberá implementar las medidas necesarias para atenuar al menos 80 dB las señales interferentes. (ARCOTEL, 2015)

2.6.8 Intensidad de campo mínima a proteger

A 10 metros del nivel del suelo se medirá la intensidad de campo eléctrico, que será protegido en los bordes de las áreas de cobertura. En estaciones de potencia normal y locales se tiene los siguientes límites:

- Para la cobertura principal en el borde se debe de tener:

Para Monofónicos $\geq 48 \text{ dB}\mu\text{V/m}$

Para Estereofónicos $\geq 54 \text{ dB}\mu\text{V/m}$

- Para la cobertura secundaria en el borde se debe de tener:

Para Monofónicos $\geq 30 \text{ dB}\mu\text{V/m}$ y $< 48 \text{ dB}\mu\text{V/m}$

Para Estereofónicos $\geq 50 \text{ dB}\mu\text{V/m}$ y $< 54 \text{ dB}\mu\text{V/m}$

2.6.9 Sistema radiante de una estación de radiodifusión sonora FM

Es el conjunto o arreglo conformado por antenas, las cuales son usadas en la transmisión de información generando patrones de radiación. Las radiaciones generadas por este arreglo de antenas sobre las zonas de servicio deben de cumplir con los requerimientos y autorizaciones que se presentan en el contrato de concesión.

2.7 Reglamento de Protección de Emisiones de RNI

La UIT en la recomendación “Orientación sobre el cumplimiento de los límites de exposición de las personas a los campos electromagnéticos” da a conocer las cotas máximas seguras para las personas ante la exposición de campos electromagnéticos (CME). El reglamento de protección de RNI busca monitorear y controlar de manera eficiente el cumplimiento de los parámetros definidos, originados por la explotación del espectro radioeléctrico. (CONATEL, 2005)

2.7.1 Términos y definiciones

En este punto se definirán el concepto de algunos términos importantes para una mejor comprensión del presente reglamento.

- Exposición ocupacional. – Hace referencia a la exposición de emisiones de RNI de una persona a causa de su trabajo, esto quiere decir que la persona se encontrará expuesta por un lapso determinado de tiempo, además de que tiene total conocimiento de los riesgos que esto conlleva, por lo cual toma las medidas de precaución necesarias para el desarrollo de sus actividades laborales.
- Exposición poblacional. – Conlleva toda exposición de la emisión de RNI al público en general, el cual no tiene conocimiento ni control sobre dicha exposición.
- Área controlada. – Zona geográfica en la cual existe la posibilidad que las emisiones de RNI sobrepasen los límites máximos permitidos para la exposición ocupacional.

- Densidad de potencia. – Potencia por unidad de superficie en la dirección de propagación de señal. La densidad de potencia está expresado mediante la siguiente ecuación:

$$S = \frac{E^2}{Z_a} = H^2 Z_a \quad \text{Ec. (2.2)}$$

Donde:

S : Densidad de Potencia (W/m²)

E : Campo Eléctrico (V/m)

H : Campo Magnético (A/m)

Z_a : Impedancia del espacio (377 Ω)

- Emisión. – Radiación resultante de un único sistema radiante.
- Estación radioeléctrica fija. – Conjunto de equipos y elementos utilizados para la transmisión y recepción de servicios de radiodifusión, los cuales trabajan en frecuencias determinadas con coordenadas geográficas fijas.
- Inmisión. – Radiación resultante de un conjunto de sistemas radiantes.
- Intensidad de campo eléctrico. – Fuerza por unidad de carga experimentada por una partícula en un campo eléctrico.
- Intensidad de campo magnético. – Fuerza ejercida a una carga eléctrica en un campo magnético, la cual se encuentra compuesta por dos valores, la dirección y la magnitud, por lo que se considera un campo vectorial.
- Límites máximos de exposición. – Cantidad máxima de exposición a los campos eléctricos o magnéticos que una persona puede estar expuesta.
- Medidor de banda ancha. – Instrumento que permite realizar mediciones de los campos electromagnéticos, permitiendo una lectura del efecto resultante de la combinación de los componentes de frecuencia de un ancho de banda en particular.
- Medidor de banda angosta. – Instrumento que permite realizar mediciones de los campos electromagnéticos de una componente o banda muy estrecha de frecuencias.
- Nivel de emisión. – Valor medio de la intensidad de los campos ya sea eléctrico o magnético en un área, la cual es el acceso a una estación radioeléctrica fija.

- Nivel de exposición porcentual. – Valor obtenido de la ponderación de la intensidad de los campos ya sea eléctrico o magnético, el cual resulta de varios sistemas radiantes en las áreas de acceso a una estación radioeléctrica fija.
- Región de campo cercano. – Área contigua al sistema radiante donde el frente de onda de los campos eléctricos y magnéticos no tiene forma de onda plana, teniendo dos subregiones: campo cercano reactivo y campo cercano de radiación. El primero hace referencia a una mayor concentración de energía por parte del campo, mientras que el segundo es principalmente radiante.
- Región de campo lejano. – Parte del campo electromagnético producido por un sistema radiante, el cual se encuentra apartado de este.
- Zona de acceso. – Sitio por el cual se ingresa a una estación radioeléctrica fija.
- Zona ocupacional. – Sitio en el que el campo electromagnético excede los límites máximos de exposición poblacional.
- Zona de rebasamiento. – Sitio en el que el campo electromagnético excede los límites máximos de exposición poblacional, por lo cual es necesario restringir el ingreso del personal técnico o población civil.

2.7.2 Régimen de protección y los límites máximos de exposición

- Régimen de protección. – Aplicable a la exposición ocupacional y a la exposición poblacional por la explotación de las frecuencias del espectro radioeléctrico.
- Límites máximos de exposición por estación radioeléctrica fija. – Se definen los rangos máximos permitidos para la exposición tanto ocupacional como poblacional de las emisiones de RNI en la tabla 2.2.

Tabla 2. 2 Límites máximos de operación

Tipo de exposición	Rango de frecuencias	Intensidad de campo eléctrico E (V/m)	Intensidad de campo magnético H (A/m)	Densidad de potencia de onda plana equivalente, S (W/m ²)
Ocupacional	3 – 65 kHz	610	24,4	-
	0,065 – 1 MHz	610	$1,6/f$	-
	1 – 10 MHz	$610/f$	$1,6/f$	-
	10 – 400 MHz	61	0,16	10
	400 – 2000 MHz	$3f^{\frac{1}{2}}$	$0,008f^{\frac{1}{2}}$	$f/40$
	2 – 300 GHz	137	0,36	50
Poblacional	3 – 150 kHz	87	5	-
	0,15 – 1 MHz	87	$0,73/f$	-
	1 – 10 MHz	$87/f^{\frac{1}{2}}$	$0,73/f$	-
	10 – 400 MHz	28	0,073	2
	400 – 2000 MHz	$1,375f^{\frac{1}{2}}$	$0,003f^{\frac{1}{2}}$	$f/200$
	2 – 300 GHz	61	0,16	10

Límites máximos de operación según la frecuencia de operación para la exposición ocupacional y poblacional, elaborado por: Jorman Hinojoza y Talia Navarro.

- Los valores límite señalados en esta tabla corresponden a los valores eficaces (RMS) sin perturbaciones.
- f es la magnitud de la frecuencia indicada en la columna rango de frecuencias; se debe omitir las unidades al momento de hacer el cálculo del límite respectivo.
- Para las frecuencias entre 10kHz y 10 GHz, el periodo de tiempo en el que se debe realizar las mediciones será de 6 minutos.
- Para las frecuencias superiores a 10 GHz, el periodo de tiempo en el que se debe de realizar las mediciones será de $68/f^{1.05}$ minutos.

2.7.3 Nivel de exposición simultánea por efecto de múltiples fuentes

Medición realizada del nivel porcentual del campo eléctrico o magnético, al conjunto de distintas emisiones radioeléctricas fijas. A pesar de que un sistema radiante el cual comparte una zona de acceso determina con otros sistemas, cumpla con los parámetros establecidos en la tabla 2.2, el conjunto de estos sistemas debe de encontrarse por debajo de la unidad evaluada en las ecuaciones 2.3 y 2.4.

Frecuencias entre 100 kHz y 300 GHz

Campo eléctrico:

$$\sum_{i=100 \text{ kHz}}^{1 \text{ MHz}} \left(\frac{E_i}{c} \right)^2 + \sum_{i>1 \text{ MHz}}^{300 \text{ GHz}} \left(\frac{E_i}{E_{l,i}} \right)^2 \leq 1 \quad \text{Ec. (2.3)}$$

Campo magnético:

$$\sum_{j=100 \text{ kHz}}^{1 \text{ MHz}} \left(\frac{H_j}{d} \right)^2 + \sum_{j>1 \text{ MHz}}^{300 \text{ GHz}} \left(\frac{H_j}{H_{l,j}} \right)^2 \leq 1 \quad \text{Ec. (2.4)}$$

Donde:

E_i : Intensidad de campo eléctrico a la frecuencia i .

$E_{l,i}$: Límite de referencia de intensidad de campo eléctrico a la frecuencia i .

H_j : Intensidad de campo magnético a la frecuencia j .

$H_{l,j}$: Límite de referencia de intensidad de campo magnético a la frecuencia j .

c : Es $610/f$ exposición ocupacional y $87/f^{1/2}$ exposición poblacional (V/m).

d : Es $1.6/f$ exposición ocupacional y $0.73/f$ exposición poblacional (A/m).

2.7.4 Mediciones

- Instrumentos a emplear en las mediciones. – para el desarrollo de las mediciones de RNI se utilizan: medidores isotrópicos de radiación para banda ancha, analizadores de espectro o medidores de campo y un conjunto de antenas para banda angosta o banda ancha, según el caso. Los instrumentos deben de estar calibrados y certificados por laboratorios con acreditación internacional.
- Procedimiento de medición. – Para la realización de las mediciones se procederá de acuerdo con lo establecido en el Anexo 3 del presente documento.

2.8 Análisis de las normativas vigentes en el Ecuador

En este apartado se explicará la importancia de los puntos descritos en: el Plan Nacional de Frecuencias, la Norma de técnica FM y el Reglamento de Protección de Emisiones de RNI, para el desarrollo del presente proyecto.

Los tópicos expuestos desde el punto 2.5.1 hasta el punto 2.5.5 del Plan Nacional de Frecuencias, los puntos 2.6.1, 2.6.2 y 2.6.9 de la Norma de técnica FM y el punto 2.7.1 del Reglamento de Protección de Emisiones de RNI tratan temas importantes de la terminología técnica empleada en los servicios de radiodifusión, debido a que en ocasiones para la población no está clara la diferencia que existe entre estos términos o existe desconocimiento de los mismos.

Los conceptos descritos en el punto 2.5.6 del Plan Nacional de Frecuencias, el punto 2.6.7 de la Norma de técnica FM, se refieren a las características técnicas de las emisiones y de los equipos empleados para la correcta instalación de las estaciones radiodifusoras FM; es necesario describir estos temas puesto que son los principales parámetros que una emisora de radio FM debe de cumplir para un correcto funcionamiento. Además, algunos de los términos tratados en estos apartados son fundamentales para la realización de las simulaciones, entre estos se tiene: ganancia de las antenas, potencias, frecuencias, ancho de banda, etc.

Los temas desarrollados en el punto 2.5.7 del Plan Nacional de Frecuencia y los puntos 2.6.3 y 2.6.6 de la Norma de técnica FM, permiten el eficiente uso del espectro radioeléctrico para optimizar los servicios prestados en el sector de las telecomunicaciones, además de dar a conocer los parámetros que se deben de cumplir en base a las normativas, para evitar cualquier tipo de interferencia con frecuencias que comparten la misma área de servicio y así garantizar la calidad el servicio prestado.

Los literales tratados en el punto 2.5.8 del Plan Nacional de Frecuencia y los puntos 2.6.4 y 2.6.5 de la Norma de técnica FM, dan a conocer cómo se encuentra dividido el espectro radioeléctrico teniendo en cuenta principalmente el tipo de servicio que se va a prestar (Tabla 2.1) y la región en la que se encuentran, rigiéndose al mapa de la atribución de banda de frecuencias (figura 2.2). Es importante para el desarrollo del proyecto considerar la distribución y asignación de las frecuencias debido a que, aunque todas las bandas de frecuencias del espectro radioeléctrico se encuentran distribuidas, como se mencionó anteriormente, no todas las frecuencias se encuentran asignadas, específicamente en la banda de FM que el caso de estudio de este proyecto.

El contenido desarrollado en el punto 2.6.8 de la Norma de técnica FM y el punto 2.7.2 del Reglamento de Protección de Emisiones de RNI describen los valores de la intensidad de campo eléctrico en los extremos del área de cobertura, además de los rangos permitidos para la exposición ocupacional como para la exposición poblacional de las emisiones de RNI. Es primordial conocer los límites establecidos, puesto que estos representan la base teórica y legal en la cual se compararán las mediciones de campo y las simulaciones realizadas.

En los apartados expuestos en los puntos 2.7.3 y 2.7.4 del Reglamento de Protección de Emisiones de RNI hacen referencia a los procedimientos y consideraciones que se deben de tomar para la realización de las mediciones, puesto que tiene en cuenta: el conjunto de sistemas radiantes, los rangos de frecuencias y el equipo adecuado para las mismas, además de que estos apartados brindan un esquema de las zonas en cuales se encuentran los posibles puntos geográficos de medición.

Los reglamentos y normas que regulan los diferentes servicios de telecomunicaciones en el país se basan en recomendaciones de organismos internacionales, como en los casos del Plan Nacional de Frecuencias cuyas directrices se fundamentan en el Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2016) y el Reglamento de Protección de Emisiones de RNI se apoya en las recomendaciones UIT-T K.52 (Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2018) y UIT-T K.61 (Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2004), además para el proceso de medición se hace uso de las recomendaciones UIT-R BS.705 (Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2002) y UIT-R BS.1698 (Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2005). Por este motivo, para evitar redundancias en los temas tratados no es necesario el realizar el análisis de estas recomendaciones.

2.9 Estado del arte

2.9.1 Estado actual de las emisoras en la ciudad de Quito

Al momento de realizar el presente proyecto en la ciudad de Quito y sus alrededores se encuentran concesionadas cincuenta frecuencias de las cien disponibles para el espectro de radiodifusión FM, contempladas en la Norma Técnica de FM como se muestra en el Anexo 1. Para el desarrollo del estudio se han considerado aquellas estaciones cuyas matrices se ubican en el Cerro Pichincha, debido a que este es el punto más alto de la ciudad por lo que la mayoría de las antenas radiodifusoras y de enlaces se concentran aquí incluidas las del sistema de FM, debido a que así pueden brindar cobertura a gran parte de la ciudad de Quito.

En la tabla 2.3 se muestran las estaciones con sus respectivas frecuencias las cuales van a ser empleadas en el desarrollo del proyecto.

Tabla 2. 3 Frecuencias concesionadas en Quito

Nombre de la Estación	Frecuencia [MHz]	Nombre de la Estación	Frecuencia [MHz]
Latina FM	88.1	Proyección 98.1 FM Mundo	98.1
Metro Stereo	88.5	Armónica FM Stereo	98.9
HCJB La Voz Y Ventana De Los Andes	89.3	La Luna	99.3
Majestad	89.7	Añoranza La Rumbera	99.7
Platinum FM	90.9	María	100.1
La Otra FM	91.3	Cultura FM	100.9
Visión FM	91.7	Onda Azul	101.3
Contacto Nuevo Tiempo	92.1	Radio Sucesos	101.7
Genial Exa FM	92.5	Radio La Red	102.1
Música y Sonido	92.9	Francisco Stereo	102.5
Eres 93.3 F.M.	93.3	Distrito FM 102.9	102.9
Católica Nacional FM	94.1	Sonorama FM	103.7
Única Deportiva 94.5 FM	94.5	Cobertura FM	104.1
La Gitana FM	94.9	América	104.5
Pichincha Universal	95.3	Ecuashyri FM	104.9
La Radio De La Asamblea Nacional	95.7	Radio Pública	105.3
Los 40	96.1	Hot 106 Radio Fuego	106.1
BBN 96.5 FM	96.5	Canela Radio Corp	106.5
Fútbol FM	96.9	Radio Ciudadana	106.9
La Fabu	97.3	J.C. Radio	107.3
Centro FM Stereo	97.7		

Frecuencias concesionadas y operativas en la ciudad de Quito con estaciones matrices en el Cerro Pichincha, elaborado por: Jorman Hinojoza y Talia Navarro.

2.9.2 Trabajos previos de RNI

Gran parte de las mediciones y estudios realizados en Ecuador acerca de RNI se encuentran enfocados a la telefonía móvil u otras bandas de frecuencia como MF, HF, VHF y UHF. Para el sistema móvil avanzado (SMA) existe un mayor número de radiobases dentro de zonas urbanas, generando preocupación en los moradores de las viviendas aledañas a las radiobases celulares, a causa de la falta de información acerca del cumplimiento de los parámetros de las radiaciones que estas generan y lo visibles que las antenas se encuentran al público en general.

Entre algunos de estos estudios se puede mencionar:

- Análisis técnico de las radiaciones electromagnéticas emitidas por las antenas de radiobases celulares en la ciudad de Guayaquil. – Este trabajo da a conocer el cumplimiento de los parámetros establecidos en el “Reglamento de Protección de Emisiones de RNI”, para las radiobases celulares de las operadoras telefónicas que existen en el país (CONECEL S.A., OTECEL S.A., CNT E.P.), las cuales se encuentran dentro de la ciudad de Guayaquil. Analizando cada una de las radiobases de forma individual y definiendo el nivel de radiación al que la población se encuentra expuesta.

El trabajo mencionado fue realizado en el año 2013, por estudiantes de la carrera de Ingeniería en Sistemas de la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil juntamente con profesionales de la ex Superintendencia de Telecomunicaciones (SUPERTEL) y tutoría del Ing. Danny Barona Valencia. (Avendaño, Gonzaga, & Ruiz, 2013)

- Medición y Simulación de RNI para las bandas MF, HF, VHF y UHF de broadcast en la ciudad de Cuenca. – La tesis citada trata acerca de las mediciones realizadas para las estaciones de radio y televisión en la ciudad de Cuenca, para su posterior comparación y análisis con los datos obtenidos de las simulaciones y los límites establecidos en las normativas vigentes en el año 2011. Teniendo como principal punto de interés para las mediciones el Cerro Icto Cruz, sitio donde se concentran las antenas de radiodifusión y seis puntos adicionales en la ciudad, tratando de cubrir la mayor parte de esta. El software empleado para las simulaciones fue Radio Mobile el cual usa el modelo de propagación Irregular Terrain Model (ITM) o el modelo Longley – Rice, el cual es un software de uso libre.

El trabajo mencionado fue realizado en el año 2011, por estudiantes de la carrera de Ingeniería Electrónica de la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca en conjunto con profesionales de la ex SUPERTEL regional Sur y tutoría del Ing. Juan Pablo Bermeo. (Barros & Jimbo, 2011)

CAPÍTULO 3

MEDICIONES Y SIMULACIÓN

En el presente capítulo se determinarán los puntos estratégicos, los cuales son necesarios para las mediciones y la simulación. Posteriormente se realizará una breve descripción del software a utilizarse, explicando el procedimiento para la creación de una radiobase FM en el simulador. También se dará a conocer las principales características de los equipos a emplearse en las mediciones.

3.1 Determinación puntos de medición

Como se planteó en los objetivos, se consideró como principal sitio de medición al Cerro Pichincha, debido a que en este se encuentra la mayoría de las estaciones matrices que brindan el servicio de radiodifusión a la ciudad de Quito. Además el cerro se encuentra ubicado dentro de la zona de rebasamiento, la cual será tratada en el punto 3.1.1. Mientras que la elección de los puntos estratégicos de medición en la ciudad de Quito está basada en los siguientes criterios:

- La ciudad se encuentra en la zona poblacional. – De acuerdo con los cálculos de los límites de las zonas de protección de RNI que se muestran en la tabla 3.1, la ciudad de Quito se encuentra en la zona poblacional.
- Procurar cubrir el territorio de la ciudad de Quito. – Teniendo en cuenta que la forma de la ciudad de Quito es alargada se ha considerado la selección de los puntos estratégicos de tal forma que se cubra la superficie de norte a sur.
- Los sectores con mayor densidad poblacional en base a datos del INEC. – Los sectores elegidos serán los de mayor índice de densidad poblacional con respecto a los datos del INEC obtenidos del documento “Diagnóstico del Territorio de DMQ” (Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, 2014), puesto que en estos sectores existe una alta concentración de personas que reciben las radiaciones.

3.1.1 Delimitación de las zonas de protección

En base a las fórmulas establecidas en el Anexo 3, se realizó los respectivos cálculos para la delimitación de cada una de las zonas de protección, teniendo como resultado

la tabla 3.1 en la cual se muestra los límites para la zona de rebasamiento con un máximo de 3λ y la zona ocupacional con un máximo de 6λ . Para la zona de rebasamiento se obtuvo una distancia máxima de 10.22 m para una frecuencia de 88.1 MHz, mientras que para la frecuencia de 107.3 MHz se obtuvo una distancia máxima de 8.39 m por lo cual se consideró esta última distancia como la mejor opción para limitar esta zona. De manera similar se realizó el análisis de la zona ocupacional tomando como distancia máxima 16.78 m para una frecuencia de 107.3 MHz. Una vez realizado el análisis para la zona ocupacional se determinó que no se tomarán puntos de medición en esta zona, debido a que se encuentra muy próxima a la zona de rebasamiento y no existe una población directamente afectada en esta área.

Tabla 3. 1 Límites de zonas

Frecuencia [MHz]	λ [m]	3λ	6λ	Frecuencia [MHz]	λ [m]	3λ	6λ
88,1	3,41	10,22	20,43	97,7	3,07	9,21	18,42
88,5	3,39	10,17	20,34	98,1	3,06	9,17	18,35
89,3	3,36	10,08	20,16	98,9	3,03	9,10	18,20
89,7	3,34	10,03	20,07	99,3	3,02	9,06	18,13
90,5	3,31	9,94	19,89	99,7	3,01	9,03	18,05
90,9	3,30	9,90	19,80	100,1	3,00	8,99	17,98
91,3	3,29	9,86	19,72	100,9	2,97	8,92	17,84
91,7	3,27	9,81	19,63	101,3	2,96	8,88	17,77
92,1	3,26	9,77	19,54	101,7	2,95	8,85	17,70
92,5	3,24	9,73	19,46	102,1	2,94	8,81	17,63
92,9	3,23	9,69	19,38	102,5	2,93	8,78	17,56
93,3	3,22	9,65	19,29	102,9	2,92	8,75	17,49
94,1	3,19	9,56	19,13	103,7	2,89	8,68	17,36
94,5	3,17	9,52	19,05	104,1	2,88	8,65	17,29
94,9	3,16	9,48	18,97	104,5	2,87	8,61	17,22
95,3	3,15	9,44	18,89	104,9	2,86	8,58	17,16
95,7	3,13	9,40	18,81	105,3	2,85	8,55	17,09
96,1	3,12	9,37	18,73	106,1	2,83	8,48	16,97
96,5	3,11	9,33	18,65	106,5	2,82	8,45	16,90
96,9	3,10	9,29	18,58	106,9	2,81	8,42	16,84
97,3	3,08	9,25	18,50	107,3	2,80	8,39	16,78

Límites de las zonas de rebasamiento 3λ y zona ocupacional 6λ de las antenas en el Cerro Pichincha, elaborado por: Jorman Hinojoza y Talia Navarro.

Después de determinar los límites máximos entre cada una de las zonas se tiene que pasado los 16.78 m (límite de la zona ocupacional), empieza la zona poblacional la cual abarca a la ciudad de Quito como se muestra en la figura 3.1. Para la zona poblacional según lo establece la Norma Técnica de FM el límite de intensidad de campo mínima a proteger para radiodifusión estereofónica es de 54dB μ V/m, como se muestra en el punto 2.6.8. La cual cubre las ciudades de Quito, Machachi y Cayambe sin interferir con las emisoras de la ciudad de Otavalo.

Figura 3. 1 Esquema de los límites entre zonas

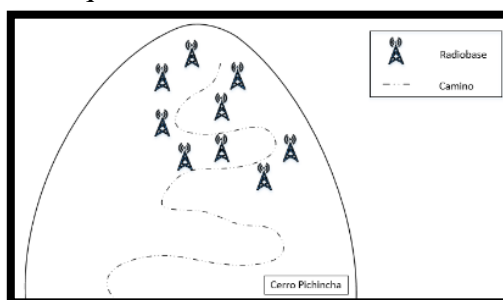


Esquema de los límites de las zonas de rebasamiento 3λ y zona ocupacional 6λ de las antenas en el Cerro Pichincha, elaborado por: Jorman Hinojoza y Talia Navarro

3.1.2 Ubicación de los puntos

- Cerro Pichincha. – Para la selección de los puntos en el Cerro Pichincha se consideró que no todas las antenas transmisoras están concentradas en un solo lugar, sino que se encuentran distribuidas a lo largo del camino de ingreso al cerro como se observa en la figura 3.2, por este motivo se tomaron 6 puntos de medición en esta zona los cuales se detallan en la Tabla 3.2.

Figura 3. 2 Esquema de las antenas en el Cerro Pichincha



Esquema de distribución de las antenas transmisoras ubicadas en el Cerro Pichincha, elaborado por: Jorman Hinojoza y Talia Navarro.

Tabla 3. 2 Coordenadas geográficas

Punto N°	Coordenadas Geográficas Cerro Pichincha	
	Latitud	Longitud
1	0° 10' 01.2'' S	78° 31' 30.9'' W
2	0° 10' 05.6'' S	78° 31' 30.4'' W
3	0° 10' 04.1'' S	78° 31' 27.2'' W
4	0° 10' 04.8'' S	78° 31' 25.7'' W
5	0° 10' 05.9'' S	78° 31' 22.5'' W
6	0° 10' 20.5'' S	78° 31' 12.0'' W

Coordenadas Geográficas de los puntos en el Cerro Pichincha, elaborado por: Jorman Hinojoza y Talia Navarro.

En el anexo 4 se puede observar la distribución de los puntos de medición en el Cerro Pichincha de acuerdo con las coordenadas de la tabla 3.2, considerando como se mencionó anteriormente, los puntos seleccionados se basan en los lugares con mayor concentración de las antenas y la distribución de estas a lo largo del sendero.

- Ciudad de Quito. – En base a los criterios descritos en el punto 3.1 se tomaron en cuenta los sectores que se muestran en la tabla 3.3, los mismos que representan los puntos estratégicos de medición dentro de la ciudad de Quito.

Tabla 3. 3 Sectores de medición

N°	Sector
1	Ponceano
2	Iñaquito
3	Centro Histórico
4	Chimbacalle
5	Solanda
6	La Delicia

Sectores que representan los puntos de medición de RNI en la ciudad de Quito, elaborado por: Jorman Hinojoza y Talia Navarro.

Hay que considerar que por cada sector se han escogido 5 puntos de medición para procurar abarcar la mayor cantidad de superficie de estos, como se observa en las figuras del anexo 4, en cada uno de los sectores se forma una figura geométrica distinta debido a que se ha respetado los límites de cada sector en base a la división política de la ciudad y se procuró que todos los puntos se encuentren dentro de los límites. En las tablas 3.4 a la 3.9 se detallan las coordenadas geográficas de cada uno de los puntos de medición de los diferentes sectores.

Tabla 3. 4 Coordenadas geográficas Ponceano

Punto N°	Coordenadas Geográficas Ponceano	
	Latitud	Longitud
1	0° 06' 32.4'' S	78° 29' 18.2'' W
2	0° 06' 18.1'' S	78° 29' 25.2'' W
3	0° 05' 39.0'' S	78° 28' 52.5'' W
4	0° 05' 50.7'' S	78° 28' 34.1'' W
5	0° 06' 36.8'' S	78° 28' 44.4'' W

Coordenadas Geográficas del sector Ponceano, elaborado por: Jorman Hinojoza y Talia Navarro.

Tabla 3. 5 Coordenadas geográficas Iñaquito

Punto N°	Coordenadas Geográficas Iñaquito	
	Latitud	Longitud
1	0° 10' 12.5'' S	78° 29' 09.2'' W
2	0° 10' 10.3'' S	78° 28' 57.3'' W
3	0° 10' 30.2'' S	78° 29' 16.2'' W
4	0° 09' 41.6'' S	78° 29' 07.8'' W
5	0° 09' 49.4'' S	78° 28' 27.7'' W

Coordenadas Geográficas del sector Iñaquito, elaborado por: Jorman Hinojoza y Talia Navarro.

Tabla 3. 6 Coordenadas geográficas Centro Histórico

Punto N°	Coordenadas Geográficas Centro Histórico	
	Latitud	Longitud
1	0° 13' 12.9'' S	78° 30' 43.8'' W
2	0° 13' 21.4'' S	78° 30' 53.7'' W
3	0° 12' 55.1'' S	78° 31' 01.5'' W
4	0° 13' 24.0'' S	78° 30' 46.2'' W
5	0° 13' 15.9'' S	78° 30' 26.6'' W

Coordenadas Geográficas del sector Centro Histórico, elaborado por: Jorman Hinojoza y Talia Navarro.

Tabla 3. 7 Coordenadas geográficas Chimbacalle

Punto N°	Coordenadas Geográficas Chimbacalle	
	Latitud	Longitud
1	0° 14' 33.4'' S	78° 30' 45.5'' W
2	0° 14' 44.4'' S	78° 31' 06.0'' W
3	0° 14' 32.4'' S	78° 30' 56.9'' W
4	0° 14' 24.3'' S	78° 30' 58.6'' W
5	0° 14' 05.6'' S	78° 30' 51.6'' W

Coordenadas Geográficas del sector Chimbacalle, elaborado por: Jorman Hinojoza y Talia Navarro.

Tabla 3. 8 Coordenadas geográficas Solanda

Punto N°	Coordenadas Geográficas Solanda	
	Latitud	Longitud
1	0° 16' 28.9'' S	78° 32' 25.2'' W
2	0° 16' 06.2'' S	78° 32' 46.7'' W
3	0° 16' 05.3'' S	78° 32' 22.0'' W
4	0° 16' 04.4'' S	78° 32' 01.2'' W
5	0° 15' 48.8'' S	78° 32' 14.5'' W

Coordenadas Geográficas del sector Solanda, elaborado por: Jorman Hinojoza y Talia Navarro.

Tabla 3. 9 Coordenadas geográficas La Delicia

Punto N°	Coordenadas Geográficas La Delicia	
	Latitud	Longitud
1	0° 17' 46.8'' S	78° 33' 50.6'' W
2	0° 17' 38.9'' S	78° 34' 04.6'' W
3	0° 17' 55.6'' S	78° 34' 09.3'' W
4	0° 18' 05.2'' S	78° 34' 14.0'' W
5	0° 18' 05.4'' S	78° 34' 00.8'' W

Coordenadas Geográficas del sector La Delicia, elaborado por: Jorman Hinojoza y Talia Navarro.

3.2 MEDICIONES

En esta sección se describe el proceso y los equipos que se emplearon para la realización de las mediciones, además de los parámetros generales del equipo que permiten la obtención de datos. Las mediciones se llevaron a cabo como recomienda el Reglamento de Protección de Emisiones de RNI el cual está detallado en el punto 2.7, el cual establece un lapso de seis minutos para las mediciones. Para el presente estudio el personal técnico de ARCOTEL sugirió realizar las mediciones por un periodo de diez minutos, tomando en cuenta que se están midiendo múltiples estaciones al mismo tiempo con el equipo. Las mediciones se llevaron a cabo tratando de tener siempre línea de vista entre las antenas ubicadas en el Cerro Pichincha y la antena del equipo, procurando efectuarlas en condiciones climáticas favorables, es decir, con bajas o nulas precipitaciones y con una temperatura promedio de 19°C. Los resultados de las mediciones se detallarán en el capítulo 4.

Los equipos utilizados en las mediciones son los siguientes:

- Medidor de Radiación Selectivo. – El equipo utilizado fue el Narda SRM – 3006, el cual es un dispositivo que puede medir los campos electromagnéticos en un rango de frecuencias que van desde los 9 KHz hasta los 6 GHz. Entre los principales atributos con los que cuenta el equipo se tiene: mediciones isotrópicas, inmunidad a la interferencia de los campos electromagnéticos, los resultados pueden ser presentados en diferentes unidades de medida, puede medir la densidad de potencia o límite permitido, diseño robusto para uso en exteriores, posee una pantalla a color altamente legible, equipado con GPS y grabador de voz. El equipo emplea una antena de tres ejes la cual ayuda a realizar mediciones precisas cubriendo un rango de frecuencias de 75 MHZ a

3 GHz, además permite a determinar los componentes espaciales del campo medido como son: PIRE, cociente de posición y densidad de potencia (Narda Safety Test Solutions, 2010). El equipo en conjunto con la antena, al momento de realizar las mediciones se encontraban calibrados en la fábrica con fecha 23 de febrero del 2017, como se puede ver en el anexo 5.

Figura 3. 3 Medidor de Radiación Selectivo



Medidor de Radiación Selectivo (Narda SRM - 3006), (Narda Safety Test Solutions, 2010)

- GPS. – El equipo empleado para el posicionamiento es Garmin GPSmap 60CSx, el cual es un dispositivo de alta precisión capaz de dar recepción en lugares con gran interferencia para los satélites de posicionamiento como en: barrancos y bosques espesos. Cuenta con un altímetro barométrico, una brújula electrónica y pantalla TFT a color. Cumple con la norma IPX7, la cual establece que el equipo es resistente al agua y soporta caídas. (GARMIN, 2005)

Figura 3. 4 Garmin GPSmap 60CSx



Garmin GPSmap 60CSx (Narda SRM - 3006), (GARMIN, 2005)

3.3 SIMULACIÓN

En este apartado se dará a conocer los software empleados y el procedimiento que se llevó a cabo para las simulaciones y las mediciones teóricas de los puntos determinados en el numeral 3.1.2.

3.3.1 Antios

Es un software que permite realizar el diseño de sistemas radiantes, simples y complejos. Permite visualizar los patrones de radiación horizontal y vertical en coordenadas polares y rectangulares, además de una representación en 3D de los mismos. El software permite al usuario ingresar parámetros para el diseño de las antenas entre los principales se tiene: el azimut, ángulo de elevación, ganancia, directividad, potencia suministrada, polarización, fase, etc.

Para la realización de un sistema radiante complejo es posible tener hasta 16 niveles, con 8 antenas cada uno, considera los diagramas de fase, permite definir las distancias entre cada nivel de antenas y el mástil, se puede editar de manera individual cada una de las antenas del arreglo. Proporciona una biblioteca de antenas entre las cuales constan algunos fabricantes y modelos. Es posible exportar los patrones de radiación para ser usados en el software ICS Telecom. (David, 1999)

3.3.2 ICS Telecom

Este software es reconocido como la solución de planificación de radio más completa la cual es usada en una variedad de formas, en todas las etapas del ciclo de vida de una red, desde el diseño preliminar, dimensionamiento, optimización y densificación de la red. ICS Telecom es usada por operadores de telecomunicaciones, autoridades reguladoras de los servicios de telecomunicaciones, integradores de sistemas, fabricantes de equipos, en investigaciones, firmas de ingenierías y consultorías.

Las principales funciones del software son: radio planificación, cálculo de cobertura de redes, biblioteca de modelos de propagación, perfil topográfico, análisis de interferencias, planificación automatizada de frecuencias, análisis de tráfico, traspaso y población. Cuenta con planificación prospectiva (búsqueda en el sitio), medición,

correlación y afinación, además de cálculos específicos de la UIT. Cuenta con interfaces flexibles las cuales permiten importación y exportación de bases de datos, capacidad de informes avanzados, sectorización, cartografía digital y exportación a Google Earth. (ATDI).

3.3.3 Creación del sistema radiante

Cada una de las estaciones radiodifusoras emplean diferentes tipos y marcas de antenas, de las cuales la mayoría son de fabricación nacional, motivo por el cual no se tiene una base fija para la simulación de las estaciones. Por lo tanto, se realizó un arreglo de antenas que es comúnmente utilizado para radiodifusión FM en la ciudad de Quito, con una antena estándar que se encuentra en el mercado y en la base de datos del software Antios.

La antena a utilizar es la Kathrein 772500, cuyos principales parámetros se muestran en la tabla 3.10, los cuales cumplen con las características generales de todas las estaciones a simular, como son: rango de frecuencias, el cual va de 87.5 a 108 MHz, impedancia de 50 Ω , ganancia de 6 dBd y potencia de 3 kW por panel. Las características antes mencionadas hacen de esta antena la mejor opción para la simulación debido a que es la más parecida a las antenas del caso de estudio.

Tabla 3. 10 Características de la antena Kathrein 772500

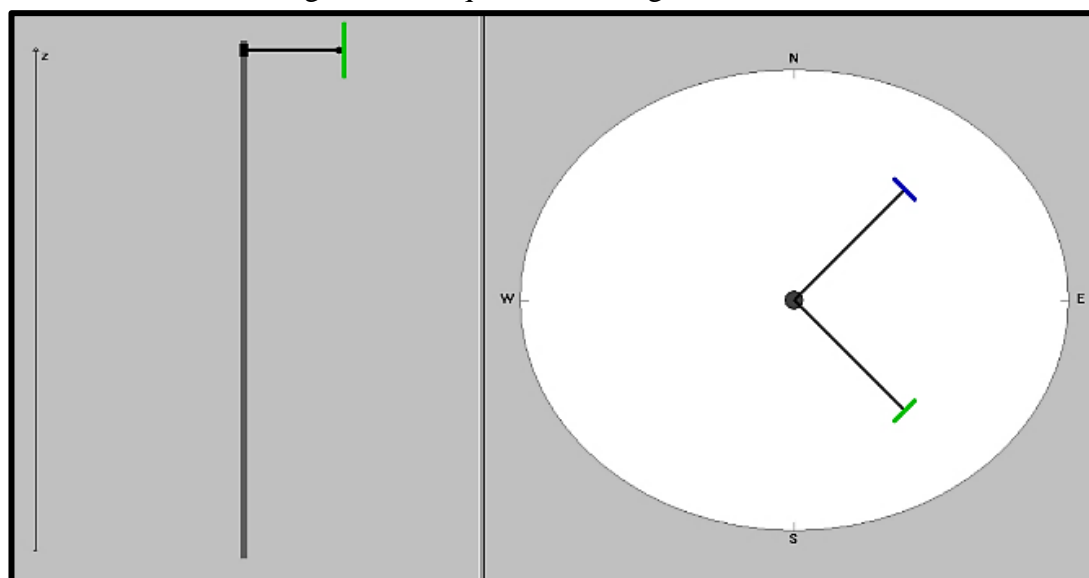
Máxima Potencia	3 kW	Impedancia	50 Ω
Rango de frecuencia	87,5 - 108 MHz	Polarización	vertical
Ganancia	6 dBd	Peso	65 kg

Características generales de la antena base para la simulación: Jorman Hinojoza y Talia Navarro.

Una vez seleccionada la antena, se procedió a realizar el arreglo en el software Antios, el cual fue hecho para una torre de lado de 3 m a una altura de 30 m y una separación de 30 cm de la torre a la antena, los cuales son valores promedios. Además, se utilizó dos paneles con un azimut de 45° y 135° respectivamente, los mismos que soportan 6 kW en conjunto, valor suficiente para las potencias de trabajo de las estaciones de radiodifusión FM. En la figura 3.5, se aprecia el esquema resultante del arreglo de antenas realizado en el software y en la figura 3.6 se observa el patrón de radiación generado por el arreglo de antenas, del cual se tiene una apertura de 144°.

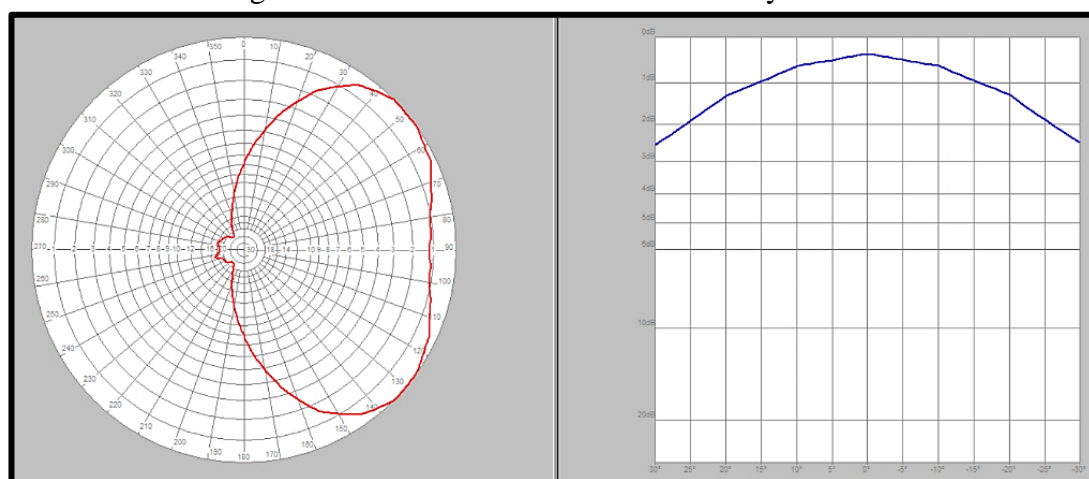
Los patrones horizontal y vertical resultantes se los exporta para ser utilizados en el software ICS Telecom en la simulación de la cobertura de las estaciones radiodifusoras. Esto se verá detalladamente en el punto 3.3.4.

Figura 3. 5 Esquema del arreglo de antenas



Esquema de distribución del arreglo de antenas realizado en el software Antios, elaborado por: Jorman Hinojoza y Talia Navarro.

Figura 3. 6 Patrón de radiación horizontal y vertical



Patrón de radiación horizontal y vertical resultante del arreglo de antenas realizado en el software Antios, elaborado por: Jorman Hinojoza y Talia Navarro.

3.3.4 Simulación de cobertura

La simulación de la cobertura, se realizó en el software ICS Telecom, teniendo en cuenta los principales datos que se deben de ingresar, como: potencia, ganancia del

arreglo de antenas, frecuencia de portadora, altura de antenas, ancho de banda, modelo de propagación, tipo de clima, entre otros parámetros necesarios para la simulación. La información empleada en la simulación de cada estación fue proporcionada por personal autorizado de ARCOTEL aprobada mediante Oficio No.ARCOTEL-CCON-2018-0285-OF.

- Parámetros específicos. – Se consideró como parámetros específicos a: la frecuencia, ancho de banda, ubicación de la estación matriz, altura de la antena, potencia de entrada, ganancia del arreglo de antenas, azimut, inclinación y polarización, debido a que estos datos cambian de acuerdo a la estación que esté siendo simulada. Se realizó un ejemplo de la simulación tomando como pauta a “La radio de la Asamblea Nacional” cuyos parámetros se encuentran detallados en la tabla 3.11.

Tabla 3. 11 Parámetros específicos de la estación radiodifusora “La radio de la Asamblea Nacional”

Frecuencia	95,7 MHz
Ancho de Banda	220 kHz
Longitud	78°31'29.97"W
Latitud	0°10'2.58"S
Altura s.n.m.	3860 m
Altura antena	42 m
Potencia de salida	2070,14 W
PER	1000 W
Ganancia	8,6 dBd
Azimut	45° (2) 135° (2)
Inclinación	7,5°
Polarización	Circular

Parámetros específicos de la estación de radiodifusión FM “La radio de la Asamblea Nacional”, información proporcionada por ARCOTEL, elaborado por: Jorman Hinojoza y Talia Navarro.

En la figura 3.7, se puede ver los parámetros específicos ingresados en el programa, mientras en la figura 3.8 se observa el ingreso de los patrones de radiación realizados en el punto 3.3.3, además de los datos de inclinación y azimut del arreglo de antenas.

Figura 3. 7 Parámetros específicos ingresados en el software

Parámetros específicos de la radio simulada ingresados en el software ICS Telecom, elaborado por: Jorman Hinojoza y Talia Navarro.

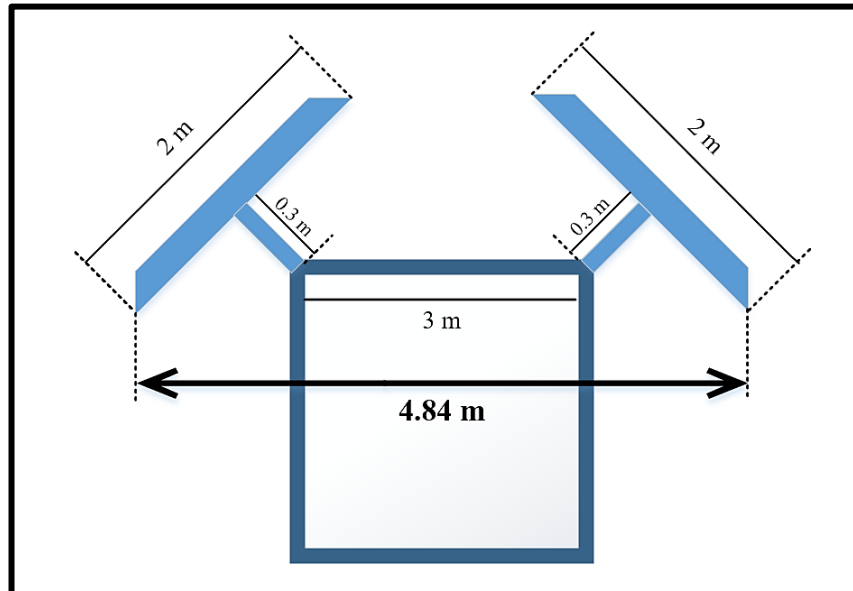
Figura 3. 8 Parámetros y patrón de radiación del arreglo de antenas

Ingreso de los patrones de radiación horizontal y vertical, tipo de polarización, valores de azimut e inclinación del arreglo de antenas, elaborado por: Jorman Hinojoza y Talia Navarro.

En la figura anterior (figura 3.8), se puede apreciar el parámetro diámetro o tamaño de la antenna, el cual se calculó en base a la geometría de la ubicación

de las antenas en la torre, de lo cual se muestra un esquema en la figura 3.9, teniendo 4.84 m como resultado del tamaño del sistema radiante.

Figura 3. 9 Esquema del tamaño del arreglo de antenas



Esquema del tamaño del arreglo de antenas, el cual es un dato importante para realizar la simulación, elaborado por: Jorman Hinojoza y Talia Navarro.

Además de los parámetros vistos hasta ahora, es necesario ingresar las coordenadas del emplazamiento y la intensidad de campo mínima a proteger que es de 54 dB μ V/m para radiodifusión FM estereofónico, como se ve en el punto 2.6.8.

- Parámetros generales. – Como parte de los parámetros generales se tiene el modelo de propagación, la dispersión troposférica, atenuaciones por trayectoria, reflexiones y clima. Estos parámetros están basados en recomendaciones de la UIT, las cuales se darán a conocer más adelante. En la figura 3.10 se observa los parámetros elegidos en el programa para el modelo de propagación que se utilizó en todas las simulaciones.

Figura 3. 10 Parámetros generales de la simulación

Propagation models

Models

- ☐ Fresnel method+
- ☐ Wójnar method
- ☐ Wien method...
- ☐ ITU-R 370...
- ☐ ITU-R 525
- ☐ ITU-R 525/526
- ☐ ITU-R 1225
- ☒ ITU-R 1546...
- ☐ ITU-R 368...
- ☐ ITU-1147...
- ☐ Medium frequency***
- ☐ 3GPP-LTE (rural)
- ☐ 3GPP-LTE (urban)
- ☐ Okumura/Hata/Davids.
- ☐ Hata - Cost 231
- ☐ Cost 231 open...

Diffraction geometry

- ☐ Bullington method
- ☐ Deygout 94 method
- ☐ ITU-R 526, round mask
- ☐ ITU-R 526, cylinders
- ☐ ITU-R 526, deyout
- ☐ ITU-R 1225
- ☒ Visibility / Indoor
- ☐ No diffraction loss
- ☐ Lateral diffraction
- ☐ Power correction (angle)
- ☐ ITU-R 452/1812 *

Climate

Earth radius km (land) 6370

Earth radius km (sea) 6370

RMS wave height (m) 0.00

☐ ITU-R 1820 gaz

☐ ITU-R 676 gaz

☒ ITU-R 840 fog

Vapour 7.50 Water 0.320 g/m3

hPa 1013 T° 20.00 C°

☐ Rain att. ITU-R 838/530(!)

☐ Rain att. Crane global

Rain rate (mm/h)(!!) 67.08 R 837

Time (0.001 to 1) % 0.01000

Isotherm 0°C 3.00 km

Options

Offset (dB) 0

Field strength=E+offset

☐ Use Tx/Rx effective heights

☒ Flat earth profile sent to DLL

Subpath attenuations

- ☒ Standard (1)
- ☐ Coarse integration (2)
- ☐ Fine integration (3)
- ☐ Area (4)
- ☐ ITU-R 526
- ☐ Free ellipsoid (5)
- ☐ No subpath loss (6)
- ☐ Hybrid integration (std)
- ☐ Hybrid integration (fine)

D factor (K*) 0.0

other subpath methods...

FZ fraction 1.00

☒ Spherical wave

Anomalous propagation

☐ Ducting

Troposcattering

☒ Tropo ITU-R 617

- ☒ equatorial 50%
- ☐ subtropical 90%
- ☐ subtropical sea 50%
- ☐ desert 50%
- ☐ temperate 90%
- ☐ temperate sea 90%
- ☐ continental 90%

+ Rx: 50 or 75 ohms, dBd - (*) If checked, only "FieldReceived" is returned (to be checked if internal diffraction/subpath model is selected)

Tips... save load Indoor... Clutter... Close

Parámetros generales utilizados en la simulación los cuales forman parte del modelo de propagación que más se acerca a la realidad de la ciudad de Quito, elaborado por: Jorman Hinojoza y Talia Navarro.

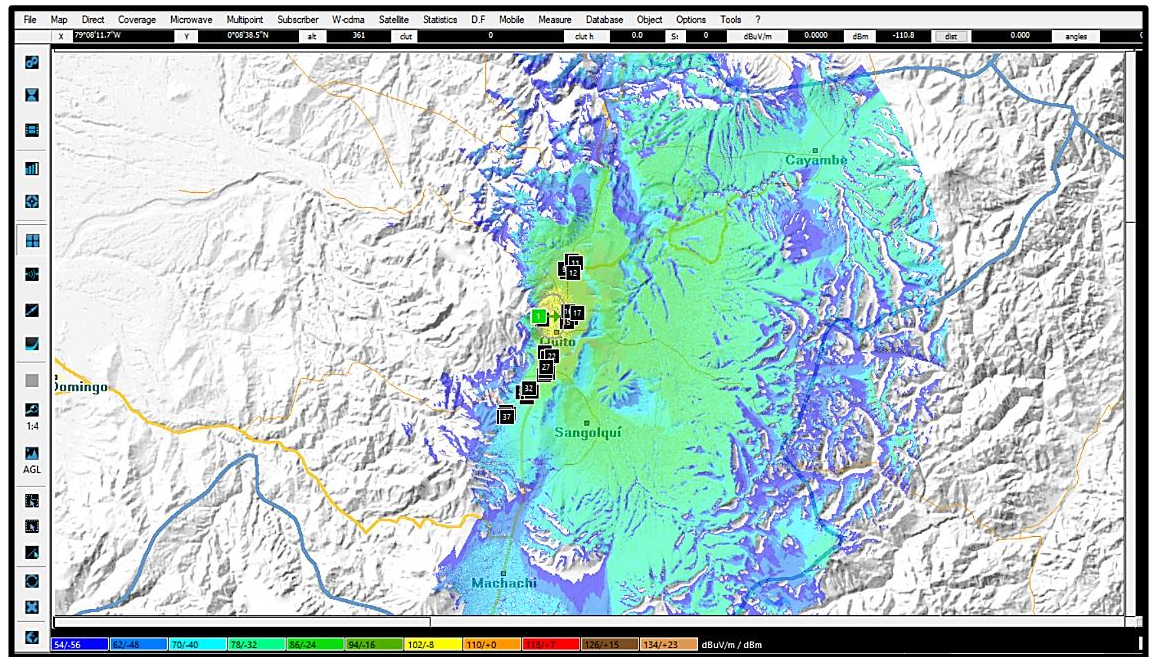
La recomendación UIT-R 1546 “Métodos de predicción de punto a zona para servicios terrenales en la gama de frecuencias de 30 a 3000 MHz” es utilizada en servicios de radiodifusión terrenal a distancias de 1 a 1000 km y con alturas de antenas menores a 3000 m (Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2013). En cuanto a la recomendación UIT-R 617 “Datos de propagación y técnicas de predicción necesarios para el diseño de sistemas de radioenlaces transhorizonte”, esta recomendación es aplicable para frecuencias superiores a 30 MHz para difracciones de la tierra o dispersiones troposféricas, además de desvanecimientos lentos y rápidos en propagación más allá del horizonte. El software en este punto presenta una forma semi analítica con la cual predice una media anual de la distribución de las pérdidas de transmisión.

Se presentan siete opciones, entre las cuales, la que más se apega al caso de estudio es la primera opción (ecuatorial 50%). Esta opción corresponde a la zona del mundo ubicada entre las latitudes 10°N y 10°S , además de temperaturas con pocas variaciones y de frecuentes e intensas lluvias (Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2017). En el apartado de Geometría de la Difracción, se ha seleccionado la opción Visibilidad/Interior debido a la naturaleza de la radiodifusión FM, la cual tienen efecto aún en interiores de viviendas o edificios, debido a las difracciones que sufren las ondas radioeléctricas. La sección Atenuación de Sub-rutas presenta varias alternativas, de las cuales, la opción Estándar y Onda Esférica fueron seleccionadas, ya que las ondas electromagnéticas se propagan en forma de onda esférica en el aire, agua o el vacío.

En la parte de Clima se ingresó el radio de la tierra, el cual según las recomendaciones seleccionadas (UIT-R 1546 y UIT-R 617) es de 6370 km, en cuanto a las demás opciones no se las tomó en cuenta, debido a que dichas recomendaciones no aplican en este caso, puesto que están destinadas a frecuencias superiores a 1 GHz. Finalmente, en la sección de Reflexiones de la Tierra, la opción más adecuada fue la que hace referencia a la Tierra Plana, considerando que se aplica a distancias cortas donde se puede despreciar la curvatura de la tierra, además de ser un modelo válido para comunicaciones urbanas y trabaja en la banda de VHF.

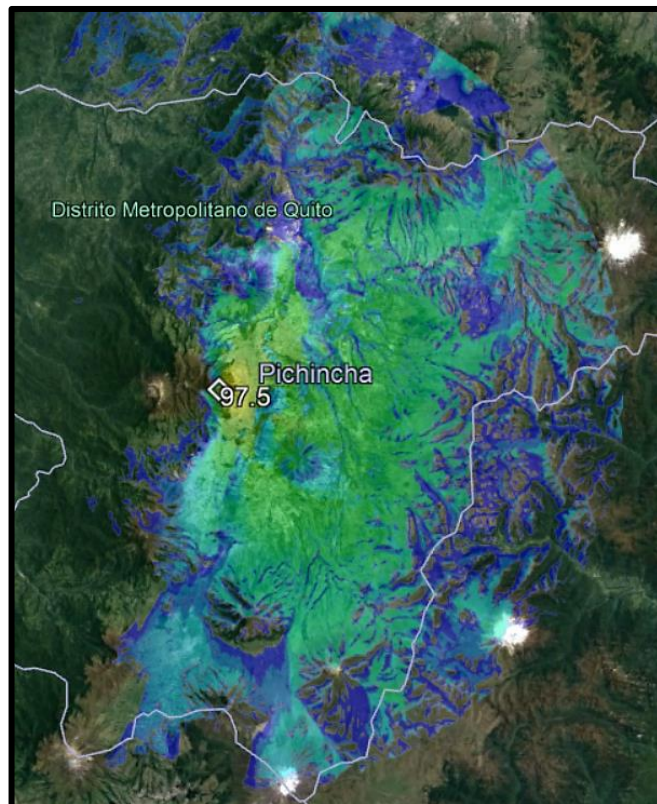
Una vez ingresados los parámetros necesarios para hacer la simulación, se colocó estaciones apagadas en los puntos geográficos donde se realizaron las mediciones, las cuales se pueden ver en el punto 3.1.2, para tomar los datos de la simulación. El resultado de la simulación de cobertura se observa en la figura 3.11, donde se aprecia: la radiación generada por la antena, el área geográfica que esta cubre, la estación transmisora y los puntos de medición, además, se puede exportar la cobertura a un mapa para visualizar mejor los resultados, en este caso en la figura 3.12 fueron exportados los resultados a Google Earth. Los resultados de las simulaciones se detallarán en el capítulo 4.

Figura 3. 11 Resultados de la simulación



Resultados de la simulación de la estación radiodifusora “La Radio de la Asamblea Nacional”, la estación radiodifusora (se encuentra con el patrón de radiación y una flecha), elaborado por: Jorman Hinojoza y Talia Navarro.

Figura 3. 12 Resultados de la simulación exportados a Google Earth



Resultados de la simulación de la estación radiodifusora “La Radio de la Asamblea Nacional” exportados a Google Earth, elaborado por: Jorman Hinojoza y Talia Navarro.

CAPÍTULO 4

ANÁLISIS DE RESULTADOS

En el presente capítulo se dará a conocer los resultados obtenidos de las mediciones y de las simulaciones de cobertura de las estaciones matrices de radiodifusión FM ubicadas en el Cerro Pichincha y las mediciones realizadas en los puntos estratégicos de la ciudad de Quito. Además de la comparación de las mediciones con las simulaciones y del cumplimiento con el reglamento.

4.1 Determinación de los parámetros a comparar

De acuerdo con lo establecido en el Reglamento de Protección de Emisiones de RNI (referirse al literal 2.7), los parámetros de los cuales se debe realizar el control debido a la explotación de las frecuencias del espectro radioeléctrico son la intensidad de campo eléctrico, la intensidad de campo magnético y la densidad de potencia. Los límites máximos para estos parámetros correspondientes a cada uno de los tipos de exposición se muestran en la tabla 2.2.

4.2 Presentación de datos

Se presentarán los datos obtenidos de las mediciones y simulaciones realizadas, además del procedimiento empleado para la obtención de los parámetros que posteriormente se compararán.

4.2.1 Datos de mediciones

Los datos recopilados de las mediciones en los diferentes puntos de la ciudad fueron obtenidos mediante el equipo Narda SRM-3006, el cual proporcionó los valores de la densidad de potencia de cada una de las estaciones. Para la obtención de la intensidad del campo eléctrico y de la intensidad del campo magnético, se empleó la ecuación 2.2 tomando como valor de la impedancia del espacio 377Ω como recomienda el Reglamento de Protección de Emisiones de RNI.

Las tablas con los valores correspondientes a las mediciones de cada uno de los puntos estratégicos se encuentran en el anexo 6, en las cuales se detalla: nombre de la estación, frecuencia de portadora y valores de densidad de potencia e intensidades de campo eléctrico y magnético.

4.2.2 Datos de simulaciones

A diferencia de los datos obtenidos de las mediciones, en las simulaciones se obtuvo el valor de la intensidad de campo eléctrico de cada uno de los puntos estratégicos, teniendo en cuenta que se realizó la simulación individual de cada estación. De igual forma que en el punto anterior, se obtuvo los valores de la densidad de potencia e intensidad de campo magnético, mediante la ecuación 2.2 con el mismo valor de la impedancia de espacio. Los datos obtenidos se muestran en las tablas del anexo 7, correspondientes a cada uno de los puntos estratégicos y con los mismos ítems que los datos de las mediciones.

4.3 Análisis de resultados

4.3.1 Fuentes individuales

La primera parte del análisis se centró en verificar de manera individual que cada una de las antenas transmisoras cumplan con los límites máximos establecidos en el Reglamento de Protección de Emisiones de RNI, como se describe en el punto 2.7.1, existen dos zonas en las cuales se realizó las mediciones, la zona de rebasamiento y la zona poblacional, cuyos valores máximos permitidos se muestran en la tabla 4.1.

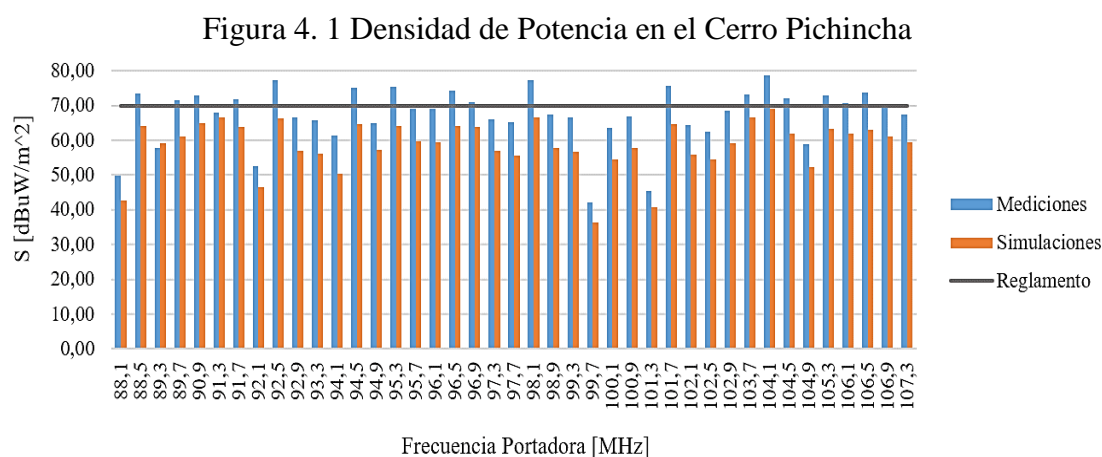
Tabla 4. 1 Límites de las zonas de protección

Tipo de Exposición	Densidad de Potencia [dBmW/m²]	Campo Eléctrico [dBuV/m]	Campo Magnético [dBuA/m]
Ocupacional	70	155,71	104,08
Poblacional	63,01	148,94	97,27

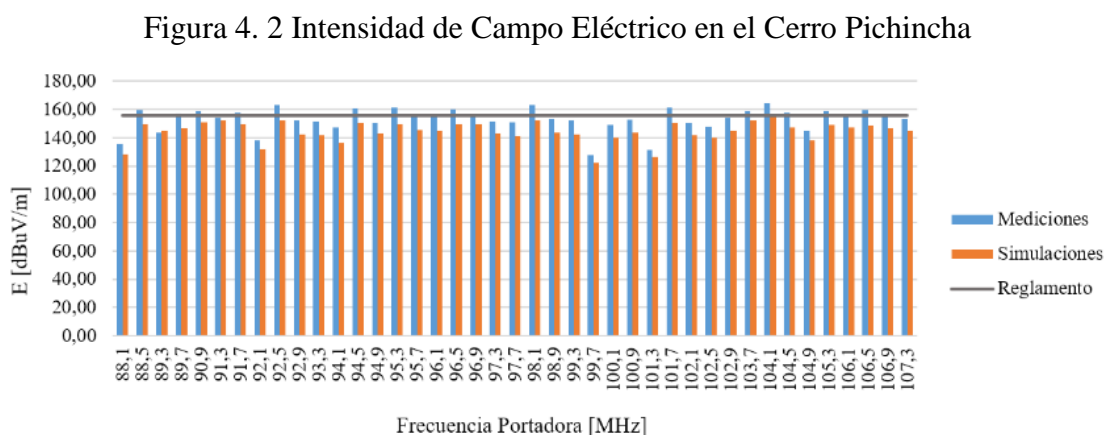
Límites máximos para las zonas de protección establecidos por el Reglamento de Protección de Emisiones de RNI, elaborado por: Jorman Hinojoza y Talia Navarro.

En las siguientes figuras se presentarán de manera gráfica la comparación entre las mediciones, las simulaciones y los límites máximos permitidos para la exposición

ocupacional, correspondientes al Cerro Pichincha. En la figura 4.1 se observa los valores obtenidos para la densidad de potencia de cada frecuencia, comprobando así que no todas las estaciones radiodifusoras cumplen con el límite máximo establecido en el reglamento, ya que 17 de 41 estaciones sobrepasan dicho valor, lo cual corresponde al 41.46% del total de estaciones matrices en el Cerro Pichincha.

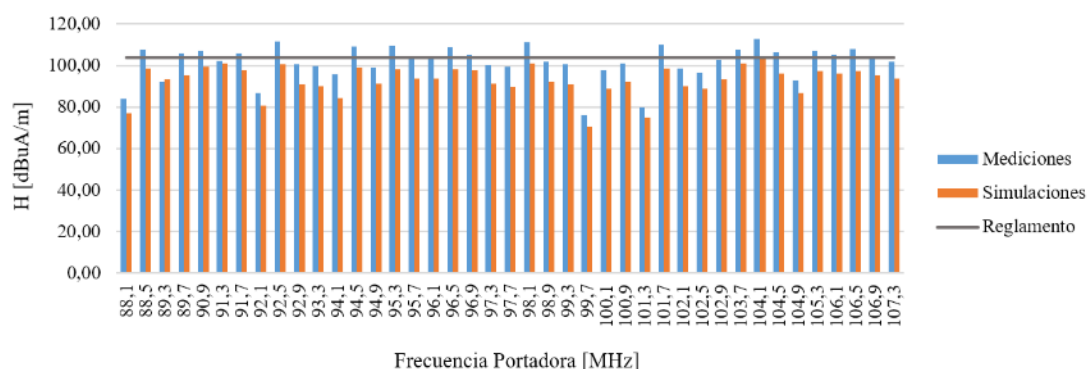


Gráfica comparativa de la densidad de potencia en la zona ocupacional en el Cerro Pichincha, elaborado por: Jorman Hinojoza y Talia Navarro.



Gráfica comparativa de la intensidad de campo eléctrico en la zona ocupacional en el Cerro Pichincha, elaborado por: Jorman Hinojoza y Talia Navarro.

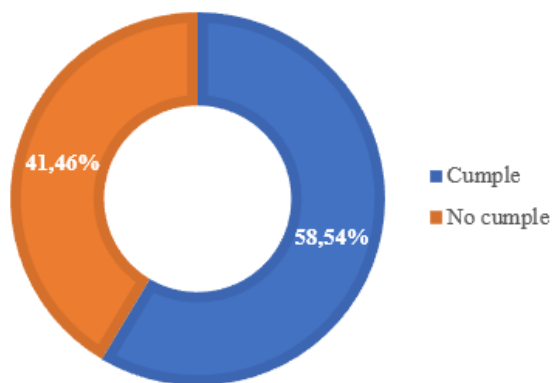
Figura 4. 3 Intensidad de Campo Magnético en el Cerro Pichincha



Gráfica comparativa de la intensidad de campo magnético en la zona ocupacional en el Cerro Pichincha, elaborado por: Jorman Hinojoza y Talia Navarro.

Las figuras 4.2 y 4.3 muestran los valores de la intensidad de campo eléctrico e intensidad de campo magnético respectivamente, teniendo así un caso similar al de la densidad de potencia y manteniendo las 17 estaciones que representan el 41.46% de estaciones matrices que sobrepasan los límites permitidos por el reglamento, dicho porcentaje de incumplimiento se muestra en la figura 4.4.

Figura 4. 4 Representación del cumplimiento de las estaciones



Representación gráfica del porcentaje de estaciones que cumplen y no cumplen con el reglamento, elaborado por: Jorman Hinojoza y Talia Navarro.

En base a las gráficas anteriores, la tabla 4.2 muestra con cuánto sobrepasan las 17 estaciones los límites permitidos, tanto en densidad de potencia como en intensidad de campo eléctrico y magnético. Mediante el análisis realizado se puede determinar que el Cerro Pichincha se considera como un área controlada, esto quiere decir que existe la probabilidad de que se sobrepasen los límites de protección.

Tabla 4. 2 Estaciones que sobrepasan los límites de la norma

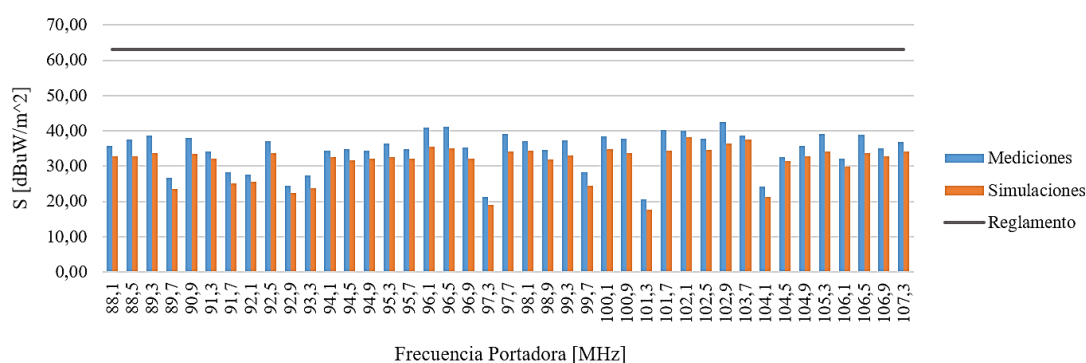
Nº	Nombre de la Emisora	Frecuencia Portadora [MHz]	Densidad de Potencia [dBmW/m ²]	Campo Eléctrico [dBuV/m]	Campo Magnético [dBuA/m]
1	METRO FM	88,5	3,49	3,54	3,64
2	MAJESTAD	89,7	1,55	1,61	1,71
3	PLATINUM	90,9	2,99	3,04	3,14
4	VISIÓN FM	91,7	1,69	1,74	1,84
5	GENIAL EXA	92,5	7,35	7,41	7,51
6	UNICA DEPORTIVA	94,5	5,04	5,09	5,19
7	PICHINCHA UNIVERSAL	95,3	5,34	5,40	5,49
8	BBN	96,5	4,38	4,44	4,53
9	FUTBOL FM	96,9	0,97	1,03	1,13
10	PROYECCIÓN	98,1	7,21	7,27	7,37
11	SUCESOS	101,7	5,64	5,70	5,79
12	SONORAMA	103,7	3,22	3,28	3,38
13	COBERTURA FM	104,1	8,70	8,76	8,86
14	AMÉRICA	104,5	2,00	2,06	2,16
15	RADIO PUBLICA	105,3	2,96	3,02	3,12
16	HOT 106	106,1	0,79	0,85	0,95
17	CANELA	106,5	3,78	3,84	3,94

Estaciones radiodifusoras que sobrepasan los límites máximos para la zona ocupacional, elaborado por: Jorman Hinojoza y Talia Navarro.

El incumplimiento de estos límites conlleva a que ARCOTEL corrobore los parámetros técnicos de operación de dichas estaciones, seguido de procesos administrativos para la corrección de los niveles de exposición.

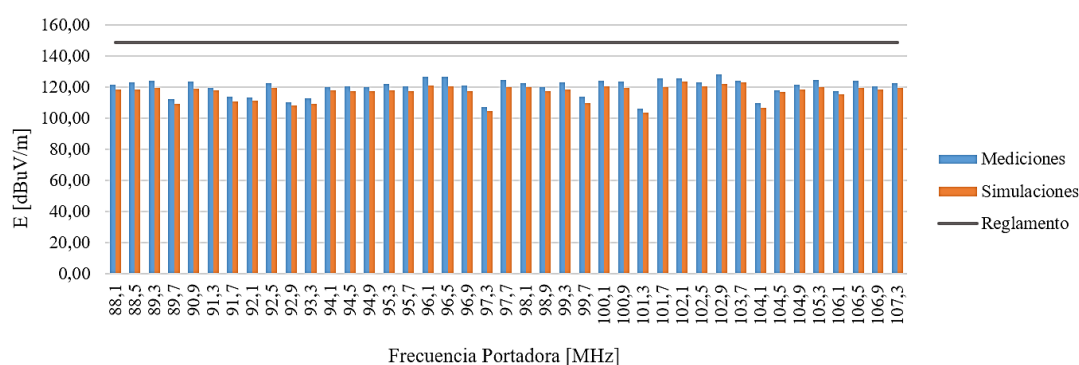
A continuación, se presentan las gráficas para los diferentes sectores donde se realizó las mediciones de la zona poblacional correspondiente a la ciudad de Quito.

Figura 4. 5 Densidad de Potencia en Ponceano



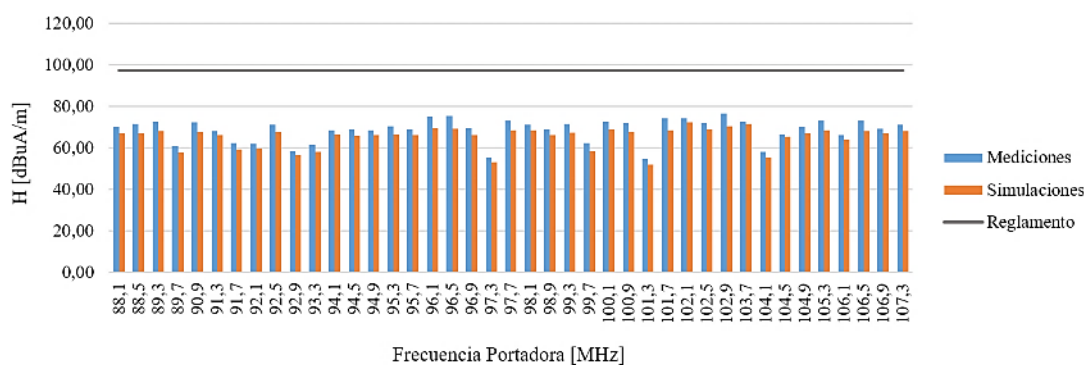
Gráfica comparativa de la densidad de potencia en la zona poblacional en el sector de Ponceano, elaborado por: Jorman Hinojoza y Talia Navarro.

Figura 4. 6 Intensidad de Campo Eléctrico en Ponceano



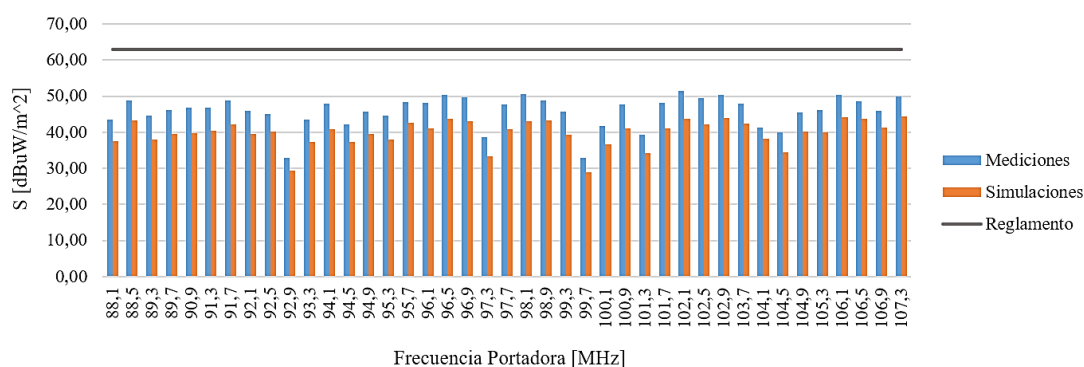
Gráfica comparativa de la intensidad de campo eléctrico en la zona poblacional en el sector de Ponceano, elaborado por: Jorman Hinojoza y Talia Navarro.

Figura 4. 7 Intensidad de Campo Magnético en Ponceano



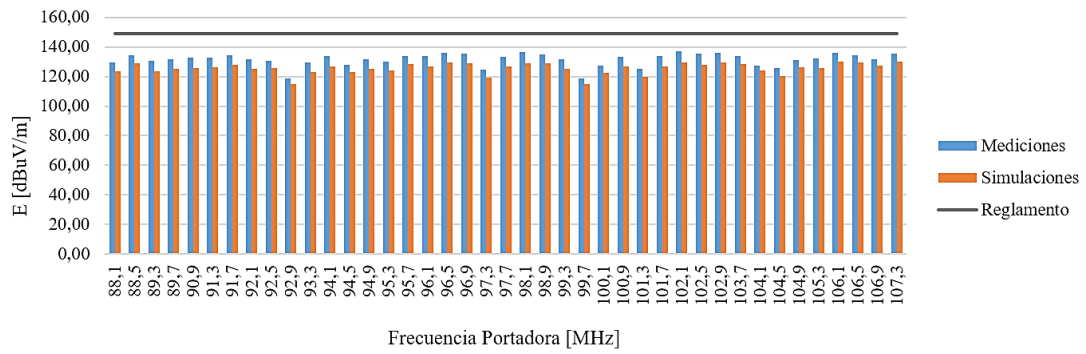
Gráfica comparativa de la intensidad de campo magnético en la zona poblacional en el sector de Ponceano, elaborado por: Jorman Hinojoza y Talia Navarro.

Figura 4. 8 Densidad de Potencia en Iñaquito



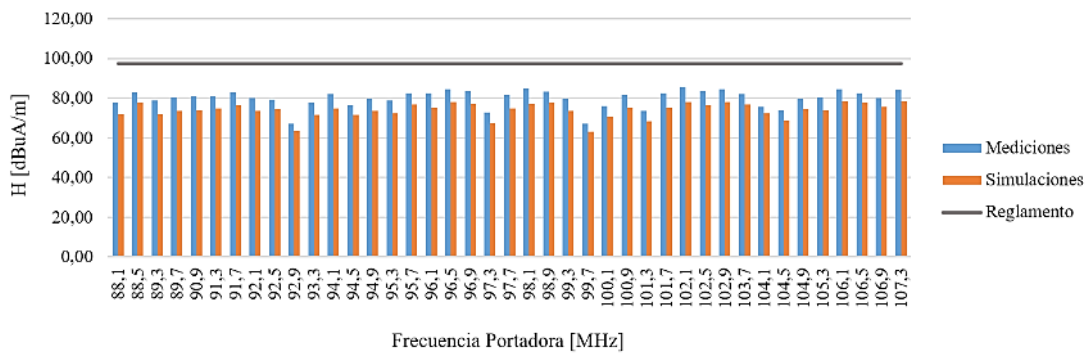
Gráfica comparativa de la densidad de potencia en la zona poblacional en el sector de Iñaquito, elaborado por: Jorman Hinojoza y Talia Navarro.

Figura 4. 9 Intensidad de Campo Eléctrico en Iñaquito



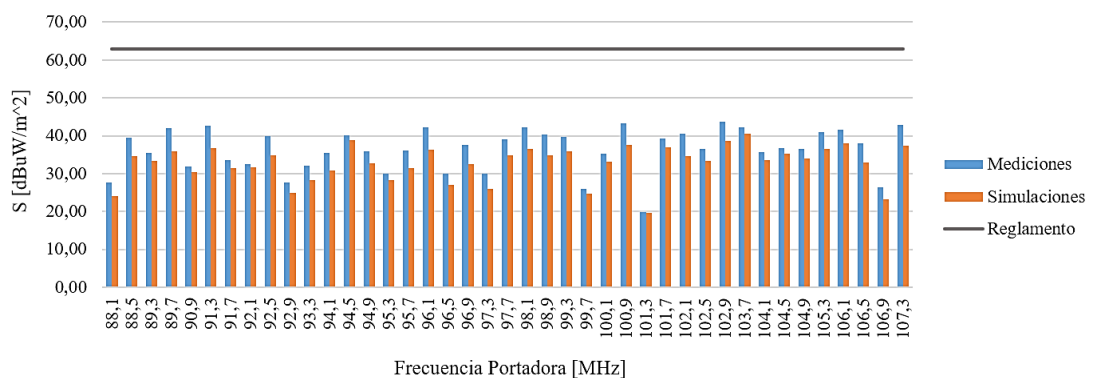
Gráfica comparativa de la intensidad de campo eléctrico en la zona poblacional en el sector de Iñaquito, elaborado por: Jorman Hinojoza y Talia Navarro.

Figura 4. 10 Intensidad de Campo Magnético en Iñaquito



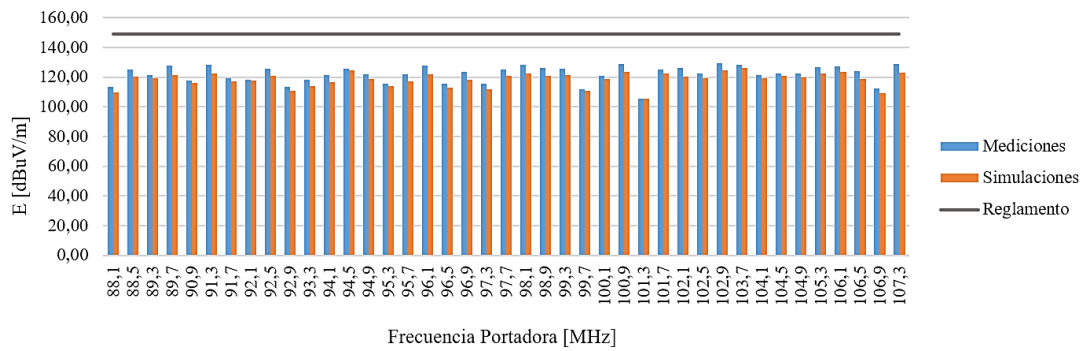
Gráfica comparativa de la intensidad de campo magnético en la zona poblacional en el sector de Iñaquito, elaborado por: Jorman Hinojoza y Talia Navarro.

Figura 4. 11 Densidad de potencia en el Centro Histórico



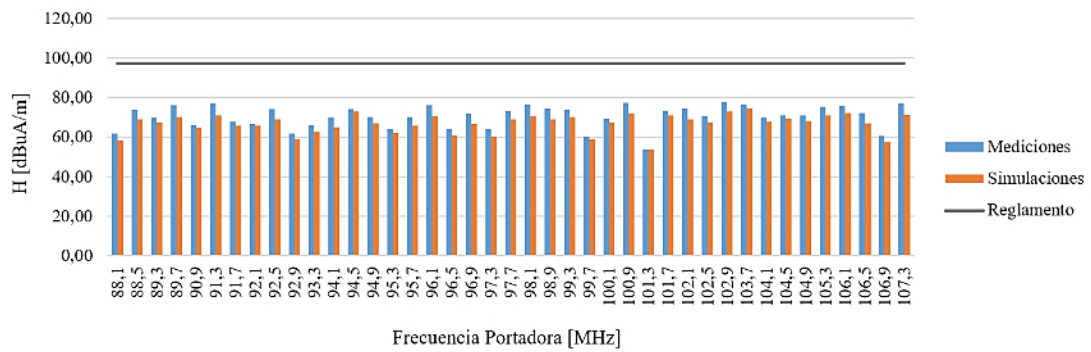
Gráfica comparativa de la densidad de potencia en la zona poblacional en el Centro Histórico, elaborado por: Jorman Hinojoza y Talia Navarro.

Figura 4. 12 Intensidad de Campo Eléctrico en el Centro Histórico



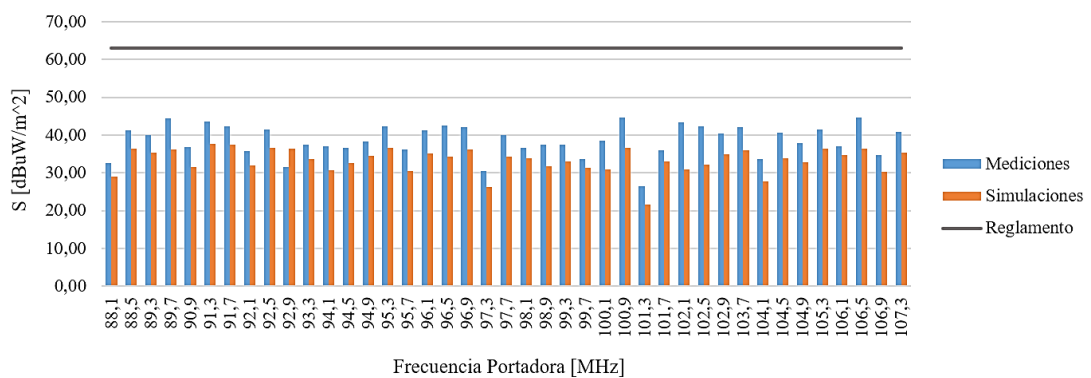
Gráfica comparativa de la intensidad de campo eléctrico en la zona poblacional en el Centro Histórico, elaborado por: Jorman Hinojoza y Talia Navarro.

Figura 4. 13 Intensidad de Campo Magnético en el Centro Histórico



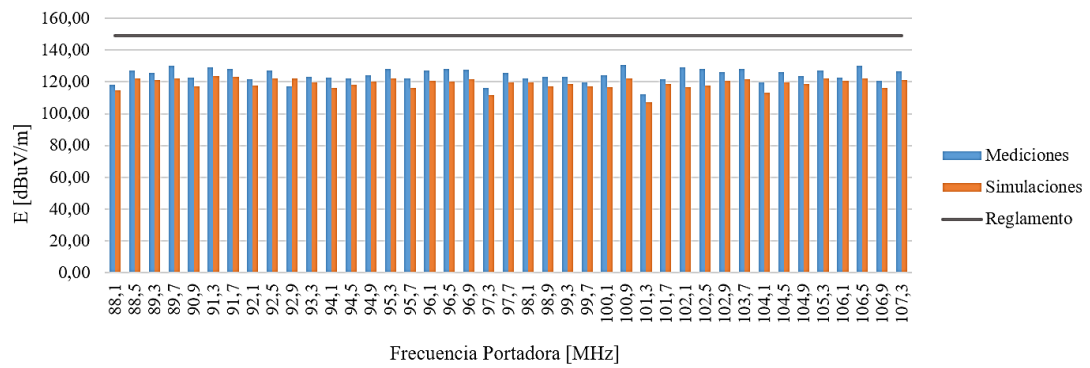
Gráfica comparativa de la intensidad de campo magnético en la zona poblacional en el Centro Histórico, elaborado por: Jorman Hinojoza y Talia Navarro.

Figura 4. 14 Densidad de Potencia en Chimbacalle



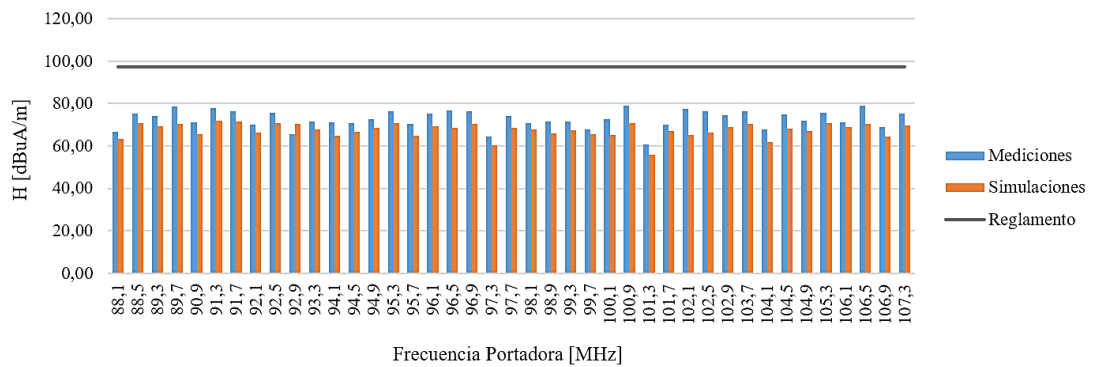
Gráfica comparativa de la densidad de potencia en la zona poblacional en el sector de Chimbacalle, elaborado por: Jorman Hinojoza y Talia Navarro.

Figura 4. 15 Intensidad de Campo Eléctrico en Chimbacalle



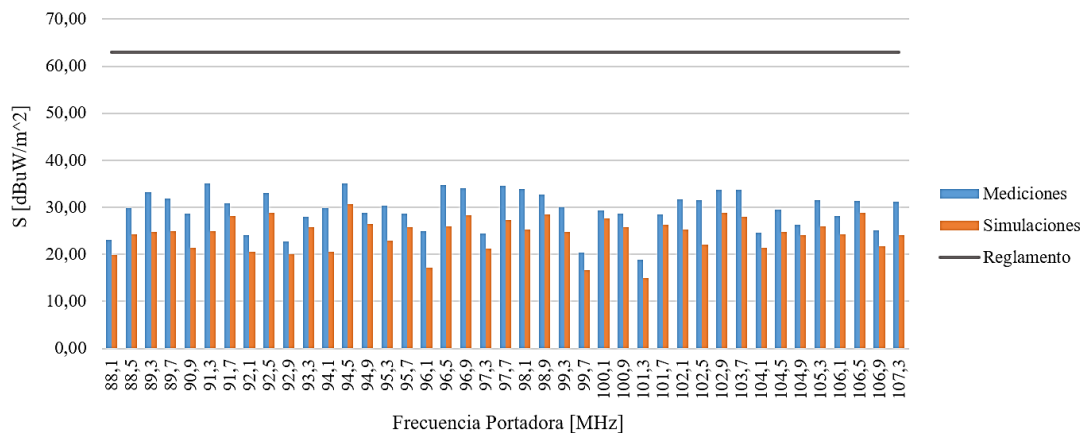
Gráfica comparativa de la intensidad de campo eléctrico en la zona poblacional en el sector de Chimbacalle, elaborado por: Jorman Hinojoza y Talia Navarro.

Figura 4. 16 Intensidad de Campo Magnético en Chimbacalle



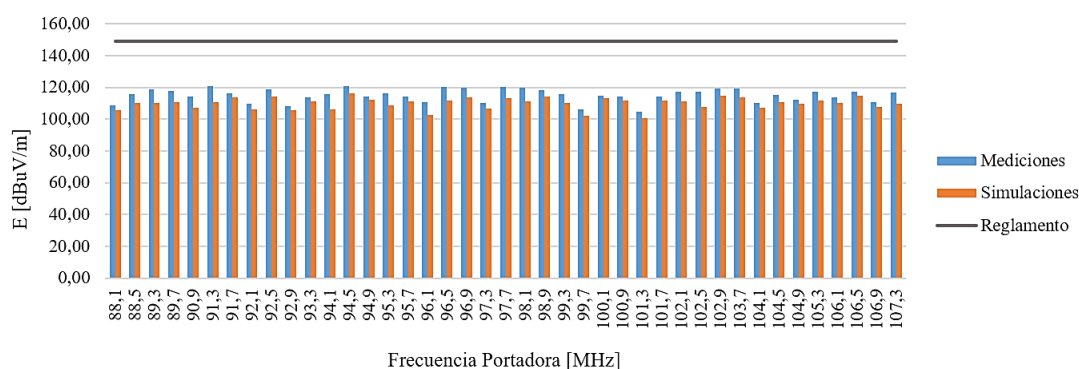
Gráfica comparativa de la intensidad de campo magnético en la zona poblacional en el sector de Chimbacalle, elaborado por: Jorman Hinojoza y Talia Navarro.

Figura 4. 17 Densidad de Potencia en Solanda



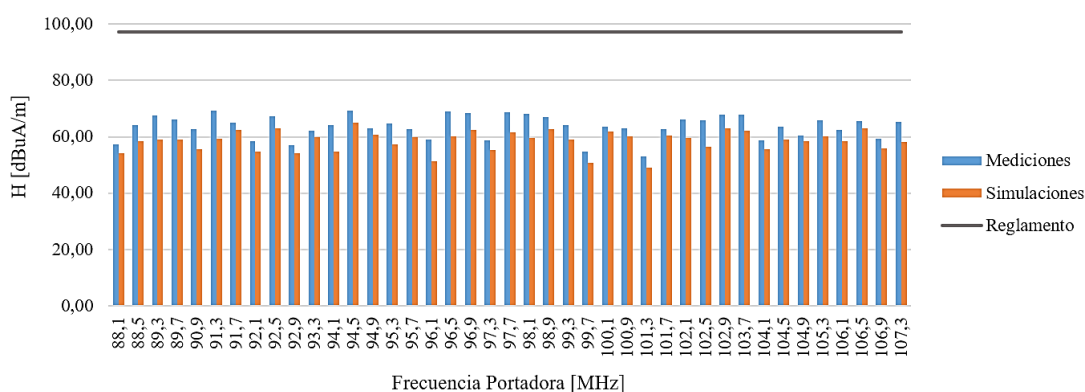
Gráfica comparativa de la densidad de potencia en la zona poblacional en el sector de Solanda, elaborado por: Jorman Hinojoza y Talia Navarro.

Figura 4. 18 Intensidad de Campo Eléctrico en Solanda



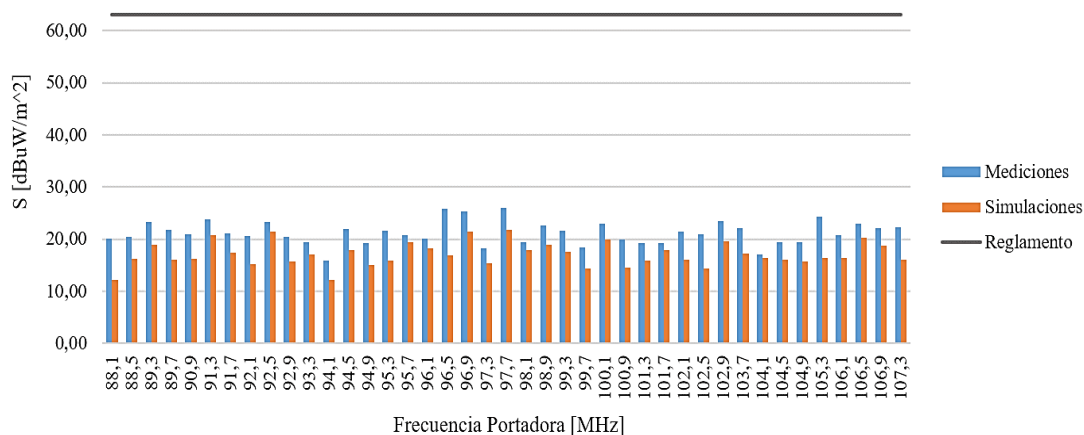
Gráfica comparativa de la intensidad de campo eléctrico en la zona poblacional en el sector de Solanda, elaborado por: Jorman Hinojoza y Talia Navarro.

Figura 4. 19 Intensidad de Campo Magnético en Solanda



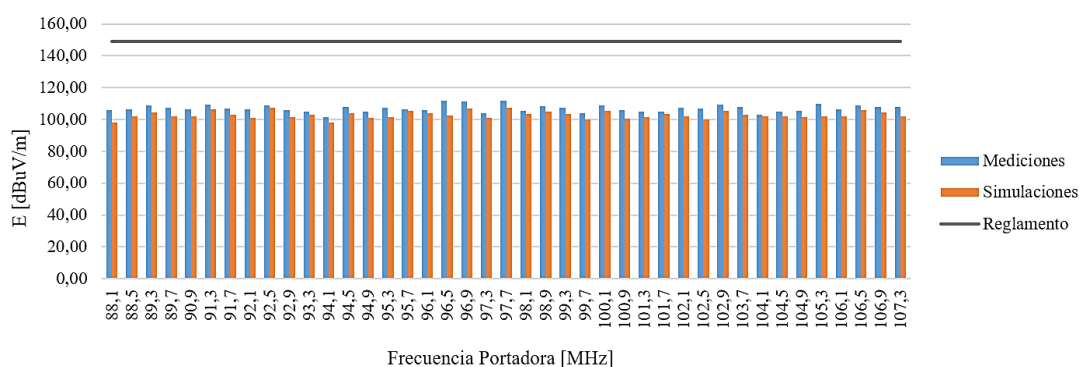
Gráfica comparativa de la intensidad de campo magnético en la zona poblacional en el sector de Solanda, elaborado por: Jorman Hinojoza y Talia Navarro.

Figura 4. 20 Densidad de Potencia en La Delicia



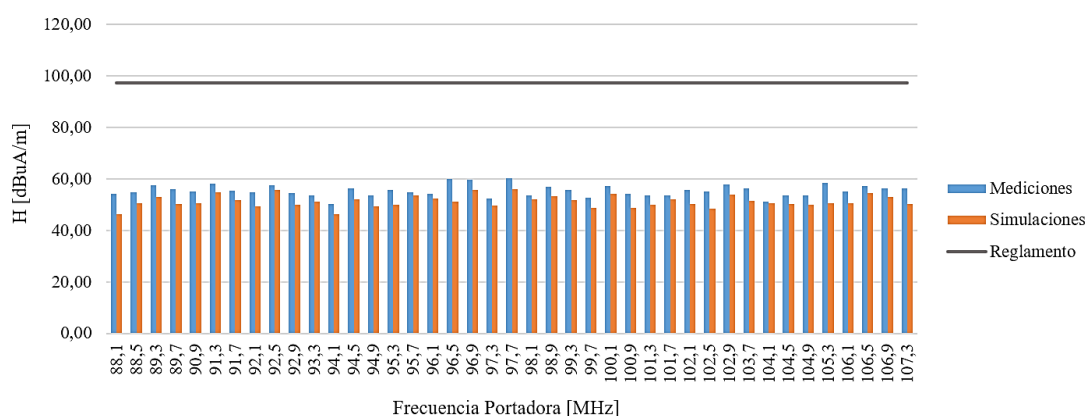
Gráfica comparativa de la densidad de potencia en la zona poblacional en el sector de La Delicia, elaborado por: Jorman Hinojoza y Talia Navarro.

Figura 4. 21 Intensidad de Campo Eléctrico en La Delicia



Gráfica comparativa de la intensidad de campo eléctrico en la zona poblacional en el sector de La Delicia, elaborado por: Jorman Hinojoza y Talia Navarro.

Figura 4. 22 Intensidad de Campo Magnético en La Delicia



Gráfica comparativa de la intensidad de campo magnético en la zona poblacional en el sector de La Delicia, elaborado por: Jorman Hinojoza y Talia Navarro.

Como se mostró en las figuras 4.5 a la figura 4.22, ninguna de las estaciones en los diferentes puntos estratégicos de la ciudad de Quito sobrepasa los límites máximos de densidad de potencia, intensidad de campo eléctrico o intensidad de campo magnético para la zona poblacional. Además, se puede evidenciar que mientras más alejado está el punto de medición con respecto a las antenas ubicadas en el Cerro Pichincha la densidad de potencia disminuye en función de la distancia, cumpliéndose así con la ley del cuadrado inverso, la cual manifiesta que: La densidad de potencia disminuye en relación con la distancia que tiene el frente de onda con respecto a la antena transmisora, por lo tanto esta es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia. (Tomasi, 2003)

Lo mencionado anteriormente se evidencia en la tabla 4.3, la cual muestra la distancia promedio que existe entre los puntos estratégicos y el Cerro Pichincha y la relación que esta tiene con los valores analizados.

Tabla 4. 3 Relación respecto a la distancia

Sector	Distancia Promedio al Cerro Pichincha [km]	Densidad de Potencia Promedio [dBuW/m ²]	Intensidad de Campo Eléctrico Promedio [dBuV/m]	Intensidad de Campo Magnético Promedio [dBuA/m]
Iñaquito	4,93	45,81	131,57	80,04
Centro Histórico	6,50	36,33	122,10	70,57
Chimbacalle	8,76	38,63	124,40	72,87
Ponceano	8,81	34,53	120,29	68,77
Solanda	11,92	29,45	115,21	63,68
La Delicia	15,90	21,24	107,00	55,47

Relación de la distancia con respecto a la densidad de potencia, intensidad de campo eléctrico y magnético, ordenados de menor a mayor distancia al Cerro Pichincha, elaborado por: Jorman Hinojoza y Talia Navarro.

4.3.2 Múltiples fuentes

En la segunda parte del análisis se verificó el cumplimiento del nivel de exposición simultánea por múltiples fuentes como se mostró en el literal 2.7.3, empleando las ecuaciones 2.3 y 2.4, las cuales se aplican para la intensidad de campo eléctrico y magnético respectivamente. En la tabla 4.4 se observan los resultados de las sumatorias de cada uno de los puntos estratégicos, tanto para las mediciones como para las simulaciones. Se consideraron únicamente los sectores dentro de la ciudad de Quito, debido a que se encuentran en la zona poblacional.

Tabla 4. 4 Resultados de la exposición a múltiples fuentes

Sector	Mediciones		Simulaciones	
	E [V/m]	H [A/m]	E [V/m]	H [A/m]
Ponceano	0,09413	0,09743	0,039	0,04037
Iñaquito	1,04575	1,08247	0,24793	0,25664
Centro Histórico	0,15102	0,15633	0,05738	0,05939
Chimbacalle	0,20567	0,21289	0,05283	0,05468
Solanda	0,02463	0,02550	0,00711	0,00736
La Delicia	0,00298	0,00309	0,00117	0,00121

Resultados de las sumatorias por cada sector estratégico dentro de la ciudad de Quito, elaborado por: Jorman Hinojoza y Talia Navarro.

Los resultados obtenidos de las sumatorias de las mediciones evidencian que en el sector de Iñaquito la exposición a múltiples fuentes sobrepasó en 4.57% a la unidad establecida para la intensidad de campo eléctrico mientras que para la intensidad de campo magnético sobrepasó a la unidad establecida en 8.27%, esto se debe a la proximidad que tiene este sector con las antenas transmisoras ubicadas en el Cerro Pichincha.

Con respecto a las simulaciones, ninguno de los puntos estratégicos sobrepasa la unidad establecida, sin embargo, la sumatoria del sector de Iñaquito sigue presentando los valores más altos tanto para la intensidad de campo eléctrico como para la intensidad de campo magnético. La diferencia que se presenta entre las sumatorias de los valores de las mediciones y los valores de las simulaciones se verá en el punto 4.3.3.

4.3.3 Errores

Finalmente, en esta parte del análisis se realizó el cálculo de los errores que se presentaron entre los valores medidos y los valores simulados. Teniendo así en las tablas 4.5 y 4.6 la diferencia promedio que existe entre dichos valores y sus respectivos errores porcentuales por cada punto estratégico.

Tabla 4. 5 Diferencia entre los valores medidos y simulados

Sector	Densidad de Potencia [dBmW/m ²]	Campo Eléctrico [dBuV/m]	Campo Magnético [dBuA/m]
Cerro Prichincha	8,59	8,59	8,59
Ponceano	3,39	3,39	3,39
Iñaquito	5,95	5,95	5,95
Centro Historico	3,60	3,60	3,60
Chimbacalle	5,29	5,29	5,29
Solanda	5,08	5,08	5,08
La Delicia	4,11	4,11	4,11

Diferencia promedio que existe entre los valores de las mediciones y de las simulaciones, elaborado por: Jorman Hinojoza y Talia Navarro.

Tabla 4. 6 Error entre los valores medidos y simulados

Sector	Densidad de Potencia [%]	Campo Eléctrico [%]	Campo Magnético [%]
Cerro Prichincha	12,74	5,59	8,42
Ponceano	9,82	2,08	4,89
Iñaquito	12,96	4,51	7,41
Centro Historico	9,65	2,91	5,00
Chimbacalle	14,17	4,42	7,52
Solanda	17,03	4,38	7,88
La Delicia	19,24	3,83	7,37

Errores promedio que existe entre los valores de las mediciones y de las simulaciones, elaborado por: Jorman Hinojoza y Talia Navarro.

Uno de los factores que influye en el error que se presentó entre los valores simulados y los valores medidos, es el hecho de que el software consideró condiciones ideales para las simulaciones a pesar de haber empleado los parámetros generales (referirse al literal 3.3.4) más similares al caso de estudio, otro factor que influyó en el error fue la utilización de un mismo sistema radiante ideal en todas las simulaciones de las estaciones (punto 3.3.3), ya que cada una de estas emplea su propio arreglo de antenas de diferentes marcas y modelos, información que es exclusiva de cada estación. Además, en la base de datos de las estaciones proporcionada por ARCOTEL no existían ciertos parámetros específicos de algunas estaciones como: altura de la antena, inclinación y azimut, por lo cual se procedió emplear valores promedios.

En los sectores de Solanda y La Delicia el error que se presentó es mayor a los otros sectores de la ciudad, esto se debe a que se encuentran muy cercanos al Cerro Atacazo en donde se ubican algunas repetidoras de estaciones de radiodifusión, lo cual causa un incremento en las mediciones de densidad de potencia, resultando en un mayor margen de error entre las mediciones y las simulaciones. En las simulaciones no consideró las repetidoras ubicadas en el Cerro Atacazo, debido a que la ARCOTEL proporciono únicamente información de las estaciones ubicadas en el Cerro Pichincha, el cual es el punto de interés del presente estudio.

A pesar de la diferencia que existe entre las mediciones y las simulaciones, es posible emplear los datos obtenidos de la simulación para la realización de estudios académicos o proyectos técnicos, puesto que el error para la intensidad de campo eléctrico no supera el 6%. Se toma en cuenta el error existente para la intensidad de

campo eléctrico debido a que en la simulación de cobertura se obtiene los valores de este, mientras que la densidad de potencia y la intensidad de campo magnético se obtienen en base a las ecuaciones planteadas.

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES

Al realizar las mediciones de densidad de potencia en forma individual para cada una de las frecuencias de las estaciones matrices ubicadas en el Cerro Pichincha, se obtuvo una densidad de potencia promedio de 67.23 dBuW/m^2 , donde se determinó que 17 estaciones de radiodifusión FM sobrepasan los niveles permitidos para la exposición ocupacional, las mismas que representan el 41.46% del total. De las estaciones que se encuentran dentro de este porcentaje, la que sobrepasa en menor cantidad el límite establecido con 0.79 dBuW/m^2 es “Hot 106”, mientras que la estación que excede en mayor cantidad el límite permitido es “Cobertura FM” con 8.70 dBuW/m^2 . Por consecuente este mismo número de estaciones sobrepasan los límites establecidos tan tanto para la intensidad de campo eléctrico como para la intensidad de campo magnético.

Los datos recopilados de las mediciones de densidad de potencia en los diferentes puntos estratégicos permitieron determinar que en ninguno de estos las estaciones se encuentran sobre 63.01 dBuW/m^2 límite establecido por el reglamento para fuentes individuales, esto se puede apreciar en las figuras 4.5 a 4.22, de la misma forma estas estaciones se encuentran por debajo de los límites para la intensidad de campo eléctrico y magnético. Uno de los factores que influye en que las mediciones de los puntos estratégicos se encuentren debajo de los límites establecidos es la distancia existente entre las antenas en transmisión y estos, puesto que la densidad de potencia disminuye en función a la distancia como se observa en la tabla 4.3, cumpliéndose así ley de cuadrado inverso.

Del análisis de exposición simultánea por múltiples fuentes (punto 4.3.2), se obtuvo que en la zona poblacional 5 de los 6 puntos estratégicos cumplen con las ecuaciones planteadas (Ec.2.3 y Ec.2.4) para la intensidad de campo eléctrico y magnético, teniendo que el único punto que sobrepasa las unidades establecidas es Iñaquito con un porcentaje de 4.57% para la intensidad de campo eléctrico y con 8.27% para la intensidad de campo magnético, esto se debe a que se encuentra a 4,93 km de las antenas transmisoras, siendo esta la menor distancia entre los puntos estratégicos y el Cerro Pichincha.

La diferencia que se presentó entre los valores de las mediciones y los valores de las simulaciones son resultado de la falta de parámetros específicos de algunas estaciones, puesto que esta información es únicamente propiedad de las radiodifusoras, por lo cual se emplearon valores promedio para: altura de la antena, azimut e inclinación, además de un mismo sistema radiante en todas las simulaciones. Otro factor que incrementa el error es que los software utilizados en las simulaciones emplean condiciones ideales.

Los sectores de Solanda y La Delicia presentaron los errores más altos para la densidad de potencia, cuyos valores de porcentaje promedio fueron de 17.03% y 19,24% respectivamente. Una de las causas de los altos índices de error se debe a la cercanía de estos dos puntos con el Cerro Atacazo lugar en el cual se encuentran algunas repetidoras de estaciones de radiodifusión, además el medidor de banda ancha empleado para las mediciones también toma datos las frecuencias de estas repetidoras.

RECOMENDACIONES

Se recomienda que el ente encargado del control y regulación de las telecomunicaciones en el país (ARCOTEL) realice mediciones de RNI de forma periódica a todas las bandas de frecuencias, ya que en su mayoría solo se realiza este tipo de mediciones para las antenas de SMA, las cuales se encuentran instaladas en las azoteas de edificios y viviendas. Para que de esta forma las estaciones que se encuentren incumpliendo con el reglamento sean notificadas y corrijan los parámetros que pudieran causar el incremento de densidad de potencia.

Actualizar la base de datos que posee ARCOTEL con los parámetros específicos de cada una de las estaciones radiodifusoras para reducir el porcentaje de error entre los valores medidos y los valores de las simulaciones, teniendo en cuenta que todos estos parámetros deben de ser entregado a ARCOTEL por las estaciones en sus estudios técnicos para la concesión de las frecuencias.

Al realizar las mediciones con el Narda SRM – 3006 o cualquier otro tipo de dispositivo para la medición de campos electromagnéticos es necesario considerar el nivel de referencia debido a que la medición puede variar en base a la distancia que exista entre la antena transmisora y el equipo de medición, motivo por el cual se debe de configurar adecuadamente el nivel de atenuación del equipo, además se recomienda conectar la antena después de haber encendido el equipo para evitar daños en el mismo.

En la realización de trabajos futuros se recomienda efectuar más de una medición por cada una de las coordenadas geográficas, en varios días y con diferentes condiciones climáticas para determinar la influencia que estos factores tienen en los valores medidos de los campos electromagnéticos.

REFERENCIAS

- Agencia Nacional del Espectro A.N.E. (Diciembre de 2017). *Esquema de Compartición del Espectro*. Colombia: ANE. Recuperado el abril de 2018, de ANE: <https://www.ane.gov.co/index.php/informacion-de-interes/consulta-publica/651-esquema-de-comparticion>
- ARCOTEL. (31 de Marzo de 2005). *ARCOTEL*. Obtenido de http://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/2017/06/050_Reglamento-proteccion-emisiones-radiacion-no-ionizante.pdf
- ARCOTEL. (2015). *Norma Técnica de FM*. Quito: ARCOTEL. Recuperado el abril de 2018
- ARCOTEL. (2017). *Plan Nacional de Frecuencia*. Quito: ARCOTEL. Recuperado el abril de 2018
- ATDI. (s.f.). *ICS Telecom the ultimate radio network planning tool*. Washington D.C., USA. Recuperado el junio de 2018, de <http://www.atdi.com>
- Avendaño, J., Gonzaga, K., & Ruiz, J. (2013). *Análisis técnico de las radiaciones electromagnéticas emitidas por las antenas de las radiobases celulares en la ciudad de Guayaquil*. Guayaquil: Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil.
- Barros, D., & Jimbo, C. (2011). *Medición y simulación de RNI para las bandas MF, HF, VHF y UHF de broadcast en la ciudad de Cuenca*. Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca.
- CONATEL. (2005). *Reglamento de protección de emisiones de radiación no ionizante generadas por el uso de frecuencias del espectro radioeléctrico*. Quito: ARCOTEL. Recuperado el abril de 2018
- David, M. (1999). *ANTIOS 2.X Antenna Synthesis in Three Dimensions (References Manual)*. París, Francia: Monod S. Recuperado el junio de 2018
- Fawwaz T., U. (2007). *Fundamentos de aplicaciones en electromagnetismo* (Quinta ed.). México: Pearson Educación. Recuperado el abril de 2018

- GARMIN. (2005). GPSmap 60CSx manual de usuario. Olathe, Kansas, U.S.A.: GARMIN. Recuperado el junio de 2018, de <http://www.garmin.com>
- Gobierno de la ciudad de Buenos Aires. (2006). *Informe ambiental 2006*. Buenos Aires: Gobierno de la ciudad de Buenos Aires. Recuperado el abril de 2018
- Instituto Federal de Telecomunicaciones. (s.f.). *Análisis de la reducción de separación en frecuencia en servicios de radiodifusión sonora en FM*. México: Instituto Federal de Telecomunicaciones. Recuperado el abril de 2018, de <http://www.ift.org.mx/sites/default/files/industria/temasrelevantes/5390/documentos/analisisteorico.pdf>
- Lechtaler, A. R., & Fusario, R. J. (2013). *Comunicaciones Una introducción a las redes digitales de transmisión de datos y señales isócronas*. Buenos Aires, Argentina: Alfaomega. Recuperado el Marzo de 2018
- Municipio del Distrito Metropolitano de Quito. (2014). *Diagnóstico del Territorio del DMQ*. Unidad de Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del DMQ, Quito . Recuperado el junio de 2018, de <http://gobiernoabierto.quito.gob.ec>
- Narda Safety Test Solutions. (03 de abril de 2010). SRM - 3006 Selective Radiation Meter. Pfullingen, Alemania: Narda Safety Test Solutions. Recuperado el junio de 2018, de <http://www.narda-sts.us>
- Requena, A., & Zúñiga, J. (2004). *Espectroscopía*. Madrid: Pearson Educación. Recuperado el abril de 2018
- Serway, R. A., & Jewett, J. W. (2009). *Física Electricidad y Magnetismo* (Séptima ed.). México: Cengage Learning. Recuperado el abril de 2018
- Tomasi, W. (2003). *Sistemas de Comunicaciones Electrónicas* (Cuarta ed.). México: Pearson Educación. Recuperado el abril de 2018
- Unión Internacional de Telecomunicaciones . (Diciembre de 2017). UIT-R 617. Ginebra, Suiza. Recuperado el Agosto de 2018, de Unión Internacional de Telecomunicaciones: https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/p/R-REC-P.617-4-201712-I!!PDF-S.pdf

- Unión Internacional de Telecomunicaciones. (Agosto de 2002). UIT-R BS.705.
Ginebra, Suiza. Recuperado el Julio de 2018, de <https://www.itu.int/rec/R-REC-BS.705-1-199510-I/es>
- Unión Internacional de Telecomunicaciones. (Febrero de 2005). UIT-R BS.1698.
Ginebra, Suiza. Recuperado el Julio de 2018, de <https://www.itu.int/rec/R-REC-BS.1698/es>
- Unión Internacional de Telecomunicaciones. (Septiembre de 2013). UIT-R 1546-5.
Ginebra , Suiza. Recuperado el agosto de 2018, de Unión Internacional de Telecomunicaciones: https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/p/R-REC-P.1546-5-201309-I!!PDF-S.pdf
- Unión Internacional de Telecomunicaciones. (13 de enero de 2018). UIT-T K.52.
Ginebra, Suiza. Recuperado el junio de 2018, de Unión Internacional de Telecomunicaciones: <https://www.itu.int>
- Unión Internacional de Telecomunicaciones. (Febrero de 2004). UIT-T K.61.
Ginebra, Suiza. Recuperado el Junino de 2018, de <https://www.itu.int/rec/T-REC-K.61-200309-S/es>
- Unión Internacional de Telecomunicaciones. (2016). Reglamento de Radiocomunicaciones. Ginebra, Suiza. Recuperado el junio de 2018, de <http://search.itu.int/history/HistoryDigitalCollectionDocLibrary/1.43.48.es.301.pdf>

ANEXOS

Anexo 1

Canalización de la banda de frecuencias de FM

Nº	Frecuencia [MHz]	Nº	Frecuencia [MHz]	Nº	Frecuencia [MHz]	Nº	Frecuencia [MHz]
1	88.1	26	93.1	51	98.1	76	103.1
2	88.3	27	93.3	52	98.3	77	103.3
3	88.5	28	93.5	53	98.5	78	103.5
4	88.7	29	93.7	54	98.7	79	103.7
5	88.9	30	93.9	55	98.9	80	103.9
6	89.1	31	94.1	56	99.1	81	104.1
7	89.3	32	94.3	57	99.3	82	104.3
8	89.5	33	94.5	58	99.5	83	104.5
9	89.7	34	94.7	59	99.7	84	104.7
10	89.9	35	94.9	60	99.9	85	104.9
11	90.1	36	95.1	61	100.1	86	105.1
12	90.3	37	95.3	62	100.3	87	105.3
13	90.5	38	95.5	63	100.5	88	105.5
14	90.7	39	95.7	64	100.7	89	105.7
15	90.9	40	95.9	65	100.9	90	105.9
16	91.1	41	96.1	66	101.1	91	106.1
17	91.3	42	96.3	67	101.3	92	106.3
18	91.5	43	96.5	68	101.5	93	106.5
19	91.7	44	96.7	69	101.7	94	106.7
20	91.9	45	96.9	70	101.9	95	106.9
21	92.1	46	97.1	71	102.1	96	107.1
22	92.3	47	97.3	72	102.3	97	107.3
23	92.5	48	97.5	73	102.5	98	107.5
24	92.7	49	97.7	74	102.7	99	107.7
25	92.9	50	97.9	75	102.9	100	107.9

Anexo 2

Grupos de frecuencias

GRUPO 1 [G1]		GRUPO 2 [G2]		GRUPO 3 [G3]	
Nº	Frecuencia [MHz]	Nº	Frecuencia [MHz]	Nº	Frecuencia [MHz]
1	88.1	2	88.3	3	88.5
7	89.3	8	89.5	9	89.7
13	90.5	14	90.7	15	90.9
19	91.7	20	91.9	21	92.1
25	92.9	26	93.1	27	93.3
31	94.1	32	94.3	33	94.5
37	95.3	38	95.5	39	95.7
43	96.5	44	96.7	45	96.9
49	97.7	50	97.9	51	98.1
55	98.9	56	99.1	57	99.3
61	100.1	62	100.3	63	100.5
67	101.3	68	101.5	69	101.7
73	102.5	74	102.7	75	102.9
79	103.7	80	103.9	81	104.1
85	104.9	86	105.1	87	105.3
91	106.1	92	106.3	93	106.5
97	107.3	98	107.5	99	107.7

GRUPO 4 [G4]		GRUPO 5 [G5]		GRUPO 6 [G6]	
Nº	Frecuencia [MHz]	Nº	Frecuencia [MHz]	Nº	Frecuencia [MHz]
4	88.7	5	88.9	6	89.1
10	89.9	11	90.1	12	90.3
16	91.1	17	91.3	18	91.5
22	92.3	23	92.5	24	92.7
28	93.5	29	93.7	30	93.9
34	94.7	35	94.9	36	95.1
40	95.9	41	96.1	42	96.3
46	97.1	47	97.3	48	97.5
52	98.3	53	98.5	54	98.7
58	99.5	59	99.7	60	99.9
64	100.7	65	100.9	66	101.1
70	101.9	71	102.1	72	102.3
76	103.1	77	103.3	78	103.5
82	104.3	83	104.5	84	104.7
88	105.5	89	105.7	90	105.9
94	106.7	95	106.9	96	107.1
100	107.9				

Anexo 3

Procedimiento de medición

1. Como paso previo a la medición se llevará a cabo un levantamiento visual del lugar de instalación del sistema irradiante, y se tomarán fotografías para dar una vista panorámica del entorno de la antena considerada.
2. Se deberá efectuar la medición en los puntos accesibles al público donde la misma sea prácticamente realizable.
3. A efectos de evitar posibles acoplamientos capacitivos, los puntos de medición deben encontrarse a una distancia no inferior a 20 cm de cualquier objeto.
4. Se calculará el punto de frontera entre el campo cercano y el campo lejano al fin de medir:
 - 4.1. En el campo lejano el campo eléctrico E o el campo magnético H
 - 4.2. En el campo cercano el campo eléctrico E y el campo magnético H.

Considerando que el punto de frontera está dado por el máximo entre:

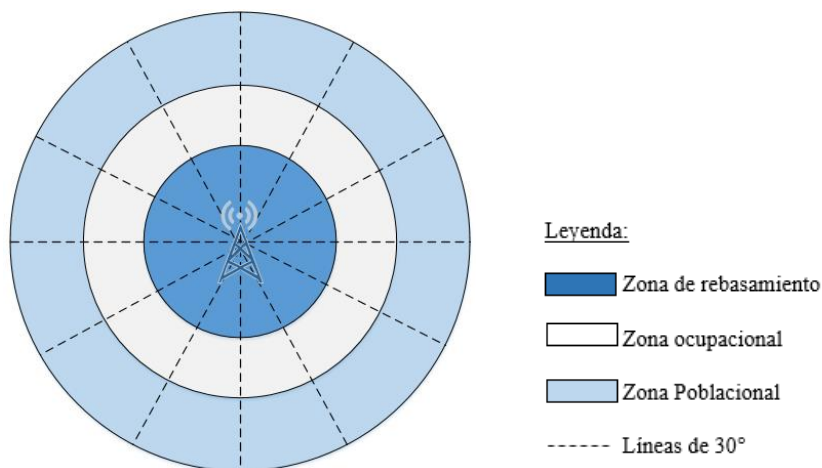
$$\text{Máx } (3\lambda; 2D^2/\lambda)$$

Donde:

D : Es el diámetro de la antena. (m)

λ : Longitud de onda. (m)

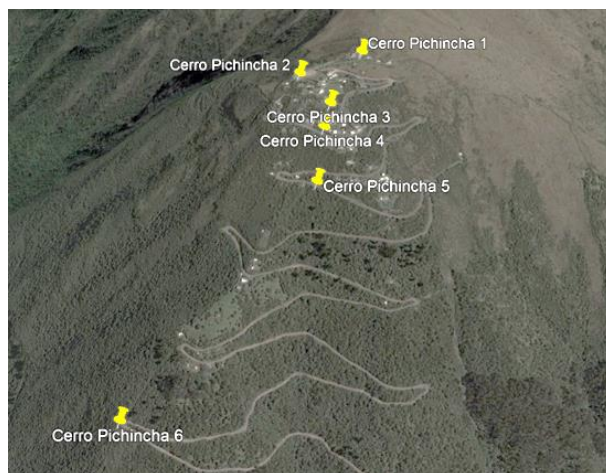
Esquema de las zonas



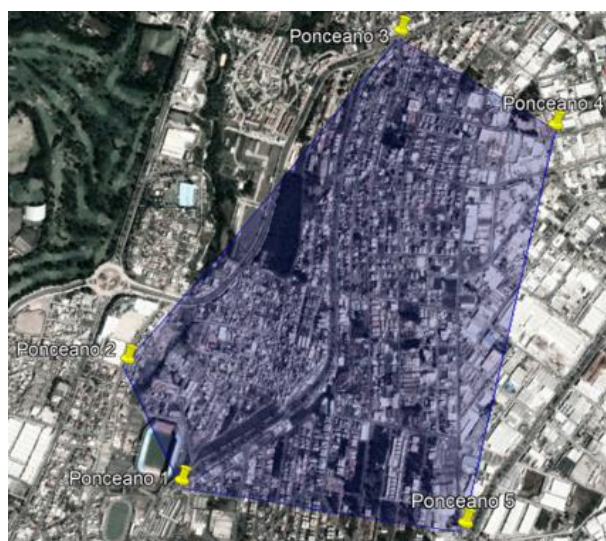
Anexo 4

Ubicación y distribución de los puntos de medición

Ubicación de puntos de medición en el Cerro Pichincha



Ubicación de puntos de medición en el sector de Ponceano



Ubicación de puntos de medición en el sector de Iñaquito



Ubicación de puntos de medición en el sector de Centro Histórico



Ubicación de puntos de medición en el sector de Chimbacalle



Ubicación de puntos de medición en el sector de Solanda



Ubicación de puntos de medición en el sector de La Delicia



Anexo 5

Fecha de calibración del equipo utilizado en las mediciones



Anexo 6

Tablas con los valores correspondientes a las mediciones de cada uno de los puntos estratégicos

Cerro Pichincha

Nº	Nombre Emisora	Frecuencia Portadora [MHz]	Densidad de Potencia [dBuW/m ²]	Campo Eléctrico [dBuV/m]	Campo Magnético [dBuA/m]
1	LATINA FM	88,1	49,87	135,63	84,11
2	METRO FM	88,5	73,49	159,25	107,72
3	HCJB	89,3	57,70	143,46	91,93
4	MAJESTAD	89,7	71,55	157,32	105,79
5	PLATINUM	90,9	72,99	158,75	107,22
6	LA OTRA	91,3	68,09	153,85	102,33
7	VISIÓN FM	91,7	71,69	157,45	105,92
8	CONTACTO NUEVO	92,1	52,48	138,24	86,71
9	GENIAL EXA	92,5	77,35	163,12	111,59
10	MÚSICA Y SONIDO	92,9	66,47	152,23	100,71
11	ERES	93,3	65,69	151,45	99,92
12	CATÓLICA NACIONAL	94,1	61,35	147,12	95,59
13	UNICA DEPORTIVA	94,5	75,04	160,80	109,27
14	GITANA	94,9	64,83	150,60	99,07
15	PICHINCHA UNIVERSAL	95,3	75,34	161,10	109,57
16	ASAMBLEA	95,7	68,96	154,72	103,20
17	LOS 40	96,1	69,14	154,90	103,38
18	BBN	96,5	74,38	160,14	108,62
19	FUTBOL FM	96,9	70,97	156,74	105,21
20	LA FABU	97,3	65,96	151,73	100,20
21	CENTRO FM	97,7	65,32	151,08	99,55
22	PROYECCIÓN	98,1	77,21	162,97	111,45
23	ARMÓNICA FM	98,9	67,51	153,28	101,75
24	LA LUNA	99,3	66,52	152,29	100,76
25	LA RUMBERA	99,7	42,08	127,85	76,32
26	MARÍA	100,1	63,48	149,25	97,72
27	CULTURA FM	100,9	66,95	152,71	101,18
28	ONDA AZUL	101,3	45,48	131,24	79,71
29	SUCESOS	101,7	75,64	161,40	109,88
30	LA RED	102,1	64,35	150,12	98,59
31	FRANCISCO STEREO	102,5	62,43	148,19	96,66
32	DISTRITO FM	102,9	68,46	154,23	102,70
33	SONORAMA	103,7	73,22	158,99	107,46
34	COBERTURA FM	104,1	78,70	164,47	112,94
35	AMÉRICA	104,5	72,00	157,77	106,24
36	ECUASHYRI	104,9	58,85	144,61	93,09
37	RADIO PUBLICA	105,3	72,96	158,73	107,20
38	HOT 106	106,1	70,79	156,55	105,03
39	CANELA	106,5	73,78	159,55	108,02
40	RADIO CIUDADANA	106,9	69,70	155,46	103,93
41	JC RADIO	107,3	67,51	153,27	101,75

Ponceano

Nº	Nombre Emisora	Frecuencia Portadora [MHz]	Densidad de Potencia [dBuW/m ²]	Campo Eléctrico [dBuV/m]	Campo Magnético [dBuA/m]
1	LATINA FM	88,1	35,83	121,59	70,06
2	METRO FM	88,5	37,43	123,19	71,66
3	HCJB	89,3	38,59	124,36	72,83
4	MAJESTAD	89,7	26,69	112,45	60,93
5	PLATINUM	90,9	38,08	123,85	72,32
6	LA OTRA	91,3	34,11	119,88	68,35
7	VISIÓN FM	91,7	28,21	113,98	62,45
8	CONTACTO NUEVO	92,1	27,68	113,44	61,92
9	GENIAL EXA	92,5	37,05	122,82	71,29
10	MÚSICA Y SONIDO	92,9	24,47	110,23	58,70
11	ERES	93,3	27,36	113,12	61,59
12	CATÓLICA NACIONAL	94,1	34,40	120,16	68,64
13	UNICA DEPORTIVA	94,5	34,81	120,57	69,05
14	GITANA	94,9	34,40	120,16	68,63
15	PICHINCHA UNIVERSAL	95,3	36,44	122,20	70,68
16	ASAMBLEA	95,7	34,71	120,47	68,95
17	LOS 40	96,1	40,92	126,69	75,16
18	BBN	96,5	41,19	126,95	75,43
19	FUTBOL FM	96,9	35,34	121,11	69,58
20	LA FABU	97,3	21,36	107,12	55,59
21	CENTRO FM	97,7	39,03	124,79	73,26
22	PROYECCIÓN	98,1	36,98	122,74	71,22
23	ARMÓNICA FM	98,9	34,67	120,43	68,90
24	LA LUNA	99,3	37,38	123,15	71,62
25	LA RUMBERA	99,7	28,36	114,12	62,59
26	MARÍA	100,1	38,49	124,26	72,73
27	CULTURA FM	100,9	37,85	123,61	72,08
28	ONDA AZUL	101,3	20,65	106,41	54,89
29	SUCESOS	101,7	40,23	126,00	74,47
30	LA RED	102,1	39,94	125,70	74,17
31	FRANCISCO STEREO	102,5	37,71	123,48	71,95
32	DISTRITO FM	102,9	42,40	128,16	76,64
33	SONORAMA	103,7	38,72	124,49	72,96
34	COBERTURA FM	104,1	24,12	109,89	58,36
35	AMÉRICA	104,5	32,59	118,35	66,83
36	ECUASHYRI	104,9	35,72	121,49	69,96
37	RADIO PUBLICA	105,3	39,01	124,77	73,24
38	HOT 106	106,1	32,04	117,81	66,28
39	CANELA	106,5	38,78	124,55	73,02
40	RADIO CIUDADANA	106,9	35,04	120,81	69,28
41	JC RADIO	107,3	36,95	122,72	71,19

Iñaquito

Nº	Nombre Emisora	Frecuencia Portadora [MHz]	Densidad de Potencia [dBuW/m ²]	Campo Eléctrico [dBuV/m]	Campo Magnético [dBuA/m]
1	LATINA FM	88,1	43,58	129,34	77,82
2	METRO FM	88,5	48,86	134,63	83,10
3	HCJB	89,3	44,54	130,30	78,78
4	MAJESTAD	89,7	46,16	131,92	80,39
5	PLATINUM	90,9	46,82	132,59	81,06
6	LA OTRA	91,3	46,78	132,54	81,01
7	VISIÓN FM	91,7	48,81	134,57	83,05
8	CONTACTO NUEVO	92,1	46,01	131,77	80,24
9	GENIAL EXA	92,5	45,03	130,79	79,27
10	MÚSICA Y SONIDO	92,9	32,98	118,75	67,22
11	ERES	93,3	43,53	129,29	77,77
12	CATÓLICA NACIONAL	94,1	47,96	133,72	82,19
13	UNICA DEPORTIVA	94,5	42,28	128,04	76,52
14	GITANA	94,9	45,63	131,39	79,87
15	PICHINCHA UNIVERSAL	95,3	44,52	130,28	78,76
16	ASAMBLEA	95,7	48,31	134,07	82,54
17	LOS 40	96,1	48,19	133,96	82,43
18	BBN	96,5	50,39	136,16	84,63
19	FUTBOL FM	96,9	49,65	135,42	83,89
20	LA FABU	97,3	38,64	124,40	72,88
21	CENTRO FM	97,7	47,61	133,37	81,85
22	PROYECCIÓN	98,1	50,63	136,39	84,87
23	ARMÓNICA FM	98,9	48,93	134,70	83,17
24	LA LUNA	99,3	45,66	131,42	79,89
25	LA RUMBERA	99,7	32,90	118,67	67,14
26	MARÍA	100,1	41,80	127,56	76,04
27	CULTURA FM	100,9	47,69	133,45	81,92
28	ONDA AZUL	101,3	39,34	125,11	73,58
29	SUCESOS	101,7	48,14	133,90	82,38
30	LA RED	102,1	51,44	137,20	85,67
31	FRANCISCO STEREO	102,5	49,53	135,29	83,77
32	DISTRITO FM	102,9	50,30	136,06	84,54
33	SONORAMA	103,7	47,85	133,62	82,09
34	COBERTURA FM	104,1	41,34	127,11	75,58
35	AMÉRICA	104,5	39,95	125,71	74,18
36	ECUASHYRI	104,9	45,43	131,20	79,67
37	RADIO PUBLICA	105,3	46,21	131,98	80,45
38	HOT 106	106,1	50,32	136,08	84,55
39	CANELA	106,5	48,50	134,26	82,73
40	RADIO CIUDADANA	106,9	46,00	131,76	80,23
41	JC RADIO	107,3	49,85	135,62	84,09

Centro Histórico

Nº	Nombre Emisora	Frecuencia Portadora [MHz]	Densidad de Potencia [dBuW/m ²]	Campo Eléctrico [dBuV/m]	Campo Magnético [dBuA/m]
1	LATINA FM	88,1	27,60	113,36	61,83
2	METRO FM	88,5	39,58	125,35	73,82
3	HCJB	89,3	35,55	121,31	69,79
4	MAJESTAD	89,7	42,13	127,89	76,36
5	PLATINUM	90,9	31,87	117,63	66,11
6	LA OTRA	91,3	42,72	128,48	76,95
7	VISIÓN FM	91,7	33,56	119,32	67,79
8	CONTACTO NUEVO	92,1	32,48	118,24	66,72
9	GENIAL EXA	92,5	39,90	125,66	74,14
10	MÚSICA Y SONIDO	92,9	27,62	113,39	61,86
11	ERES	93,3	32,19	117,95	66,43
12	CATÓLICA NACIONAL	94,1	35,58	121,34	69,82
13	UNICA DEPORTIVA	94,5	40,10	125,87	74,34
14	GITANA	94,9	35,93	121,69	70,17
15	PICHINCHA UNIVERSAL	95,3	29,91	115,68	64,15
16	ASAMBLEA	95,7	36,12	121,88	70,35
17	LOS 40	96,1	42,14	127,90	76,37
18	BBN	96,5	29,99	115,76	64,23
19	FUTBOL FM	96,9	37,56	123,32	71,80
20	LA FABU	97,3	29,93	115,69	64,17
21	CENTRO FM	97,7	39,06	124,83	73,30
22	PROYECCIÓN	98,1	42,33	128,09	76,56
23	ARMÓNICA FM	98,9	40,30	126,06	74,53
24	LA LUNA	99,3	39,76	125,52	74,00
25	LA RUMBERA	99,7	25,97	111,74	60,21
26	MARÍA	100,1	35,30	121,06	69,53
27	CULTURA FM	100,9	43,27	129,03	77,50
28	ONDA AZUL	101,3	19,82	105,59	54,06
29	SUCESOS	101,7	39,28	125,05	73,52
30	LA RED	102,1	40,56	126,33	74,80
31	FRANCISCO STEREO	102,5	36,57	122,33	70,80
32	DISTRITO FM	102,9	43,64	129,40	77,88
33	SONORAMA	103,7	42,28	128,04	76,52
34	COBERTURA FM	104,1	35,63	121,39	69,87
35	AMÉRICA	104,5	36,71	122,47	70,94
36	ECUASHYRI	104,9	36,61	122,38	70,85
37	RADIO PUBLICA	105,3	41,07	126,84	75,31
38	HOT 106	106,1	41,57	127,33	75,81
39	CANELA	106,5	38,11	123,87	72,34
40	RADIO CIUDADANA	106,9	26,51	112,27	60,74
41	JC RADIO	107,3	42,90	128,67	77,14

Chimbacalle

Nº	Nombre Emisora	Frecuencia Portadora [MHz]	Densidad de Potencia [dBuW/m ²]	Campo Eléctrico [dBuV/m]	Campo Magnético [dBuA/m]
1	LATINA FM	88,1	32,52	118,29	66,76
2	METRO FM	88,5	41,20	126,96	75,44
3	HCJB	89,3	39,90	125,66	74,13
4	MAJESTAD	89,7	44,43	130,19	78,66
5	PLATINUM	90,9	36,80	122,57	71,04
6	LA OTRA	91,3	43,64	129,41	77,88
7	VISIÓN FM	91,7	42,32	128,08	76,55
8	CONTACTO NUEVO	92,1	35,78	121,55	70,02
9	GENIAL EXA	92,5	41,45	127,21	75,68
10	MÚSICA Y SONIDO	92,9	31,45	117,22	65,69
11	ERES	93,3	37,53	123,29	71,76
12	CATÓLICA NACIONAL	94,1	36,97	122,73	71,21
13	UNICA DEPORTIVA	94,5	36,53	122,29	70,76
14	GITANA	94,9	38,30	124,06	72,54
15	PICHINCHA UNIVERSAL	95,3	42,29	128,05	76,53
16	ASAMBLEA	95,7	36,26	122,02	70,49
17	LOS 40	96,1	41,23	126,99	75,46
18	BBN	96,5	42,58	128,34	76,82
19	FUTBOL FM	96,9	42,12	127,89	76,36
20	LA FABU	97,3	30,40	116,16	64,64
21	CENTRO FM	97,7	39,94	125,71	74,18
22	PROYECCIÓN	98,1	36,53	122,30	70,77
23	ARMÓNICA FM	98,9	37,41	123,18	71,65
24	LA LUNA	99,3	37,48	123,24	71,72
25	LA RUMBERA	99,7	33,75	119,52	67,99
26	MARÍA	100,1	38,47	124,23	72,71
27	CULTURA FM	100,9	44,70	130,46	78,94
28	ONDA AZUL	101,3	26,50	112,27	60,74
29	SUCESOS	101,7	36,04	121,80	70,27
30	LA RED	102,1	43,40	129,16	77,64
31	FRANCISCO STEREO	102,5	42,31	128,07	76,55
32	DISTRITO FM	102,9	40,38	126,15	74,62
33	SONORAMA	103,7	42,21	127,98	76,45
34	COBERTURA FM	104,1	33,74	119,50	67,97
35	AMÉRICA	104,5	40,67	126,43	74,90
36	ECUASHYRI	104,9	37,85	123,61	72,09
37	RADIO PUBLICA	105,3	41,54	127,31	75,78
38	HOT 106	106,1	37,05	122,81	71,29
39	CANELA	106,5	44,65	130,41	78,88
40	RADIO CIUDADANA	106,9	34,76	120,52	68,99
41	JC RADIO	107,3	40,93	126,70	75,17

Solanda

Nº	Nombre Emisora	Frecuencia Portadora [MHz]	Densidad de Potencia [dBuW/m ²]	Campo Eléctrico [dBuV/m]	Campo Magnético [dBuA/m]
1	LATINA FM	88,1	23,13	108,90	57,37
2	METRO FM	88,5	29,89	115,66	64,13
3	HCJB	89,3	33,26	119,02	67,50
4	MAJESTAD	89,7	31,94	117,71	66,18
5	PLATINUM	90,9	28,61	114,38	62,85
6	LA OTRA	91,3	35,14	120,91	69,38
7	VISIÓN FM	91,7	30,82	116,58	65,06
8	CONTACTO NUEVO	92,1	24,17	109,94	58,41
9	GENIAL EXA	92,5	33,14	118,90	67,38
10	MÚSICA Y SONIDO	92,9	22,74	108,51	56,98
11	ERES	93,3	27,98	113,75	62,22
12	CATÓLICA NACIONAL	94,1	29,92	115,68	64,16
13	UNICA DEPORTIVA	94,5	35,12	120,89	69,36
14	GITANA	94,9	28,75	114,51	62,99
15	PICHINCHA UNIVERSAL	95,3	30,38	116,14	64,61
16	ASAMBLEA	95,7	28,63	114,39	62,86
17	LOS 40	96,1	24,87	110,63	59,11
18	BBN	96,5	34,81	120,57	69,04
19	FUTBOL FM	96,9	34,15	119,92	68,39
20	LA FABU	97,3	24,47	110,24	58,71
21	CENTRO FM	97,7	34,61	120,38	68,85
22	PROYECCIÓN	98,1	33,93	119,69	68,16
23	ARMÓNICA FM	98,9	32,73	118,49	66,96
24	LA LUNA	99,3	29,99	115,75	64,23
25	LA RUMBERA	99,7	20,45	106,21	54,69
26	MARÍA	100,1	29,26	115,02	63,49
27	CULTURA FM	100,9	28,69	114,46	62,93
28	ONDA AZUL	101,3	18,84	104,61	53,08
29	SUCESOS	101,7	28,45	114,22	62,69
30	LA RED	102,1	31,78	117,55	66,02
31	FRANCISCO STEREO	102,5	31,52	117,28	65,76
32	DISTRITO FM	102,9	33,66	119,43	67,90
33	SONORAMA	103,7	33,67	119,44	67,91
34	COBERTURA FM	104,1	24,61	110,37	58,84
35	AMÉRICA	104,5	29,46	115,22	63,70
36	ECUASHYRI	104,9	26,34	112,10	60,58
37	RADIO PUBLICA	105,3	31,62	117,38	65,86
38	HOT 106	106,1	28,23	113,99	62,47
39	CANELA	106,5	31,38	117,14	65,61
40	RADIO CIUDADANA	106,9	25,07	110,83	59,31
41	JC RADIO	107,3	31,14	116,90	65,37

La Delicia

Nº	Nombre Emisora	Frecuencia Portadora [MHz]	Densidad de Potencia [dBuW/m ²]	Campo Eléctrico [dBuV/m]	Campo Magnético [dBuA/m]
1	LATINA FM	88,1	20,11	105,87	54,35
2	METRO FM	88,5	20,48	106,24	54,71
3	HCJB	89,3	23,36	109,12	57,59
4	MAJESTAD	89,7	21,79	107,55	56,02
5	PLATINUM	90,9	20,88	106,65	55,12
6	LA OTRA	91,3	23,84	109,60	58,07
7	VISIÓN FM	91,7	21,13	106,89	55,36
8	CONTACTO NUEVO	92,1	20,69	106,45	54,93
9	GENIAL EXA	92,5	23,33	109,09	57,57
10	MÚSICA Y SONIDO	92,9	20,38	106,14	54,61
11	ERES	93,3	19,39	105,15	53,63
12	CATÓLICA NACIONAL	94,1	15,94	101,71	50,18
13	UNICA DEPORTIVA	94,5	21,99	107,75	56,23
14	GITANA	94,9	19,34	105,10	53,57
15	PICHINCHA UNIVERSAL	95,3	21,56	107,32	55,80
16	ASAMBLEA	95,7	20,70	106,47	54,94
17	LOS 40	96,1	20,04	105,80	54,27
18	BBN	96,5	25,85	111,62	60,09
19	FUTBOL FM	96,9	25,37	111,14	59,61
20	LA FABU	97,3	18,26	104,02	52,50
21	CENTRO FM	97,7	26,06	111,82	60,29
22	PROYECCIÓN	98,1	19,45	105,21	53,69
23	ARMÓNICA FM	98,9	22,59	108,36	56,83
24	LA LUNA	99,3	21,59	107,36	55,83
25	LA RUMBERA	99,7	18,37	104,14	52,61
26	MARÍA	100,1	22,99	108,75	57,22
27	CULTURA FM	100,9	20,00	105,77	54,24
28	ONDA AZUL	101,3	19,30	105,07	53,54
29	SUCESOS	101,7	19,26	105,02	53,49
30	LA RED	102,1	21,54	107,30	55,77
31	FRANCISCO STEREO	102,5	21,03	106,80	55,27
32	DISTRITO FM	102,9	23,51	109,28	57,75
33	SONORAMA	103,7	22,09	107,85	56,33
34	COBERTURA FM	104,1	17,09	102,85	51,32
35	AMÉRICA	104,5	19,38	105,14	53,61
36	ECUASHYRI	104,9	19,49	105,26	53,73
37	RADIO PUBLICA	105,3	24,31	110,07	58,55
38	HOT 106	106,1	20,83	106,59	55,07
39	CANELA	106,5	23,01	108,77	57,25
40	RADIO CIUDADANA	106,9	22,11	107,88	56,35
41	JC RADIO	107,3	22,24	108,00	56,47

Anexo 7

Tablas con los valores correspondientes a las simulaciones de cada uno de los puntos estratégicos

Cerro Pichincha

Nº	Nombre Emisora	Frecuencia Portadora [MHz]	Densidad de Potencia [dBmW/m ²]	Campo Eléctrico [dBuV/m]	Campo Magnético [dBuA/m]
1	LATINA FM	88,1	42,64	128,40	76,88
2	METRO FM	88,5	64,21	149,97	98,44
3	HCJB	89,3	59,07	144,83	93,31
4	MAJESTAD	89,7	61,05	146,81	95,29
5	PLATINUM	90,9	65,03	150,80	99,27
6	LA OTRA	91,3	66,72	152,48	100,96
7	VISIÓN FM	91,7	63,70	149,46	97,94
8	CONTACTO NUEVO	92,1	46,40	132,16	80,63
9	GENIAL EXA	92,5	66,24	152,00	100,47
10	MÚSICA Y SONIDO	92,9	56,84	142,61	91,08
11	ERES	93,3	56,01	141,78	90,25
12	CATÓLICA NACIONAL	94,1	50,26	136,02	84,49
13	UNICA DEPORTIVA	94,5	64,66	150,42	98,90
14	GITANA	94,9	57,22	142,98	91,46
15	PICHINCHA UNIVERSAL	95,3	64,11	149,87	98,35
16	ASAMBLEA	95,7	59,60	145,36	93,84
17	LOS 40	96,1	59,39	145,15	93,63
18	BBN	96,5	64,17	149,93	98,40
19	FUTBOL FM	96,9	63,75	149,52	97,99
20	LA FABU	97,3	57,03	142,80	91,27
21	CENTRO FM	97,7	55,51	141,28	89,75
22	PROYECCIÓN	98,1	66,69	152,45	100,92
23	ARMÓNICA FM	98,9	57,75	143,52	91,99
24	LA LUNA	99,3	56,72	142,48	90,96
25	LA RUMBERA	99,7	36,40	122,16	70,63
26	MARÍA	100,1	54,44	140,20	88,68
27	CULTURA FM	100,9	57,88	143,64	92,12
28	ONDA AZUL	101,3	40,69	126,45	74,92
29	SUCESOS	101,7	64,56	150,33	98,80
30	LA RED	102,1	55,95	141,72	90,19
31	FRANCISCO STEREO	102,5	54,52	140,28	88,76
32	DISTRITO FM	102,9	59,05	144,82	93,29
33	SONORAMA	103,7	66,70	152,46	100,93
34	COBERTURA FM	104,1	68,95	154,71	103,18
35	AMÉRICA	104,5	61,82	147,59	96,06
36	ECUASHYRI	104,9	52,41	138,17	86,64
37	RADIO PUBLICA	105,3	63,16	148,93	97,40
38	HOT 106	106,1	61,78	147,54	96,02
39	CANELA	106,5	63,03	148,80	97,27
40	RADIO CIUDADANA	106,9	61,21	146,97	95,45
41	JC RADIO	107,3	59,40	145,17	93,64

Ponceano

Nº	Nombre Emisora	Frecuencia Portadora [MHz]	Densidad de Potencia [dBmW/m ²]	Campo Eléctrico [dBuV/m]	Campo Magnético [dBuA/m]
1	LATINA FM	88,1	32,77	118,53	67,01
2	METRO FM	88,5	32,88	118,64	67,11
3	HCJB	89,3	33,78	119,55	68,02
4	MAJESTAD	89,7	23,62	109,38	57,86
5	PLATINUM	90,9	33,47	119,23	67,71
6	LA OTRA	91,3	32,16	117,92	66,39
7	VISIÓN FM	91,7	25,12	110,88	59,36
8	CONTACTO NUEVO	92,1	25,47	111,23	59,71
9	GENIAL EXA	92,5	33,72	119,48	67,96
10	MÚSICA Y SONIDO	92,9	22,44	108,20	56,67
11	ERES	93,3	23,80	109,56	58,03
12	CATÓLICA NACIONAL	94,1	32,60	118,36	66,83
13	UNICA DEPORTIVA	94,5	31,65	117,42	65,89
14	GITANA	94,9	32,01	117,77	66,25
15	PICHINCHA UNIVERSAL	95,3	32,51	118,28	66,75
16	ASAMBLEA	95,7	32,03	117,79	66,27
17	LOS 40	96,1	35,54	121,30	69,77
18	BBN	96,5	34,99	120,75	69,23
19	FUTBOL FM	96,9	32,11	117,87	66,35
20	LA FABU	97,3	18,97	104,73	53,20
21	CENTRO FM	97,7	34,20	119,97	68,44
22	PROYECCIÓN	98,1	34,33	120,09	68,56
23	ARMÓNICA FM	98,9	31,87	117,63	66,10
24	LA LUNA	99,3	33,01	118,77	67,25
25	LA RUMBERA	99,7	24,33	110,09	58,57
26	MARÍA	100,1	34,74	120,50	68,97
27	CULTURA FM	100,9	33,74	119,50	67,98
28	ONDA AZUL	101,3	17,74	103,50	51,97
29	SUCESOS	101,7	34,47	120,23	68,71
30	LA RED	102,1	38,18	123,94	72,42
31	FRANCISCO STEREO	102,5	34,71	120,47	68,94
32	DISTRITO FM	102,9	36,33	122,10	70,57
33	SONORAMA	103,7	37,49	123,26	71,73
34	COBERTURA FM	104,1	21,28	107,05	55,52
35	AMÉRICA	104,5	31,35	117,11	65,59
36	ECUASHYRI	104,9	32,82	118,58	67,06
37	RADIO PUBLICA	105,3	34,18	119,94	68,42
38	HOT 106	106,1	29,77	115,53	64,01
39	CANELA	106,5	33,77	119,53	68,01
40	RADIO CIUDADANA	106,9	32,90	118,66	67,13
41	JC RADIO	107,3	34,07	119,83	68,31

Iñaquito

Nº	Nombre Emisora	Frecuencia Portadora [MHz]	Densidad de Potencia [dBmW/m ²]	Campo Eléctrico [dBuV/m]	Campo Magnético [dBuA/m]
1	LATINA FM	88,1	37,62	123,39	71,86
2	METRO FM	88,5	43,35	129,11	77,59
3	HCJB	89,3	37,96	123,72	72,20
4	MAJESTAD	89,7	39,52	125,28	73,75
5	PLATINUM	90,9	39,82	125,58	74,06
6	LA OTRA	91,3	40,45	126,21	74,68
7	VISIÓN FM	91,7	42,26	128,02	76,50
8	CONTACTO NUEVO	92,1	39,51	125,27	73,75
9	GENIAL EXA	92,5	40,20	125,96	74,44
10	MÚSICA Y SONIDO	92,9	29,28	115,05	63,52
11	ERES	93,3	37,33	123,09	71,56
12	CATÓLICA NACIONAL	94,1	40,79	126,55	75,03
13	UNICA DEPORTIVA	94,5	37,30	123,07	71,54
14	GITANA	94,9	39,47	125,23	73,71
15	PICHINCHA UNIVERSAL	95,3	38,07	123,83	72,31
16	ASAMBLEA	95,7	42,58	128,34	76,82
17	LOS 40	96,1	41,12	126,88	75,36
18	BBN	96,5	43,74	129,50	77,97
19	FUTBOL FM	96,9	43,14	128,90	77,37
20	LA FABU	97,3	33,30	119,07	67,54
21	CENTRO FM	97,7	40,78	126,55	75,02
22	PROYECCIÓN	98,1	43,15	128,92	77,39
23	ARMÓNICA FM	98,9	43,33	129,10	77,57
24	LA LUNA	99,3	39,35	125,11	73,59
25	LA RUMBERA	99,7	28,94	114,70	63,18
26	MARÍA	100,1	36,67	122,44	70,91
27	CULTURA FM	100,9	41,11	126,88	75,35
28	ONDA AZUL	101,3	34,14	119,90	68,37
29	SUCESOS	101,7	41,07	126,83	75,31
30	LA RED	102,1	43,74	129,51	77,98
31	FRANCISCO STEREO	102,5	42,23	127,99	76,47
32	DISTRITO FM	102,9	43,87	129,64	78,11
33	SONORAMA	103,7	42,52	128,28	76,75
34	COBERTURA FM	104,1	38,20	123,97	72,44
35	AMÉRICA	104,5	34,47	120,23	68,71
36	ECUASHYRI	104,9	40,31	126,07	74,54
37	RADIO PUBLICA	105,3	39,89	125,66	74,13
38	HOT 106	106,1	44,11	129,88	78,35
39	CANELA	106,5	43,67	129,44	77,91
40	RADIO CIUDADANA	106,9	41,35	127,11	75,58
41	JC RADIO	107,3	44,47	130,23	78,71

Centro Histórico

Nº	Nombre Emisora	Frecuencia Portadora [MHz]	Densidad de Potencia [dBmW/m ²]	Campo Eléctrico [dBuV/m]	Campo Magnético [dBuA/m]
1	LATINA FM	88,1	24,09	109,85	58,32
2	METRO FM	88,5	34,65	120,41	68,89
3	HCJB	89,3	33,36	119,13	67,60
4	MAJESTAD	89,7	35,85	121,61	70,09
5	PLATINUM	90,9	30,36	116,13	64,60
6	LA OTRA	91,3	36,78	122,55	71,02
7	VISIÓN FM	91,7	31,54	117,30	65,77
8	CONTACTO NUEVO	92,1	31,67	117,44	65,91
9	GENIAL EXA	92,5	34,89	120,66	69,13
10	MÚSICA Y SONIDO	92,9	24,85	110,61	59,09
11	ERES	93,3	28,28	114,05	62,52
12	CATÓLICA NACIONAL	94,1	30,93	116,70	65,17
13	UNICA DEPORTIVA	94,5	38,78	124,55	73,02
14	GITANA	94,9	32,70	118,46	66,93
15	PICHINCHA UNIVERSAL	95,3	28,20	113,97	62,44
16	ASAMBLEA	95,7	31,49	117,26	65,73
17	LOS 40	96,1	36,35	122,11	70,59
18	BBN	96,5	26,99	112,75	61,22
19	FUTBOL FM	96,9	32,50	118,26	66,73
20	LA FABU	97,3	25,90	111,66	60,13
21	CENTRO FM	97,7	34,82	120,58	69,05
22	PROYECCIÓN	98,1	36,53	122,30	70,77
23	ARMÓNICA FM	98,9	34,82	120,58	69,06
24	LA LUNA	99,3	35,82	121,58	70,06
25	LA RUMBERA	99,7	24,80	110,56	59,03
26	MARÍA	100,1	33,09	118,86	67,33
27	CULTURA FM	100,9	37,52	123,28	71,75
28	ONDA AZUL	101,3	19,61	105,37	53,85
29	SUCESOS	101,7	36,90	122,66	71,13
30	LA RED	102,1	34,70	120,46	68,93
31	FRANCISCO STEREO	102,5	33,28	119,05	67,52
32	DISTRITO FM	102,9	38,60	124,36	72,83
33	SONORAMA	103,7	40,54	126,30	74,77
34	COBERTURA FM	104,1	33,54	119,30	67,77
35	AMÉRICA	104,5	35,28	121,05	69,52
36	ECUASHYRI	104,9	34,07	119,83	68,30
37	RADIO PUBLICA	105,3	36,62	122,39	70,86
38	HOT 106	106,1	37,96	123,72	72,20
39	CANELA	106,5	32,96	118,72	67,20
40	RADIO CIUDADANA	106,9	23,33	109,10	57,57
41	JC RADIO	107,3	37,33	123,10	71,57

Chimbacalle

Nº	Nombre Emisora	Frecuencia Portadora [MHz]	Densidad de Potencia [dBmW/m ²]	Campo Eléctrico [dBuV/m]	Campo Magnético [dBuA/m]
1	LATINA FM	88,1	23,96	109,72	58,20
2	METRO FM	88,5	28,51	114,27	62,75
3	HCJB	89,3	30,26	116,02	64,50
4	MAJESTAD	89,7	28,28	114,04	62,52
5	PLATINUM	90,9	31,47	117,23	65,71
6	LA OTRA	91,3	32,70	118,46	66,93
7	VISIÓN FM	91,7	32,51	118,27	66,75
8	CONTACTO NUEVO	92,1	32,07	117,83	66,31
9	GENIAL EXA	92,5	31,61	117,37	65,85
10	MÚSICA Y SONIDO	92,9	26,33	112,09	60,57
11	ERES	93,3	28,74	114,50	62,97
12	CATÓLICA NACIONAL	94,1	25,69	111,46	59,93
13	UNICA DEPORTIVA	94,5	32,65	118,41	66,88
14	GITANA	94,9	29,55	115,31	63,79
15	PICHINCHA UNIVERSAL	95,3	26,57	112,33	60,80
16	ASAMBLEA	95,7	30,54	116,30	64,77
17	LOS 40	96,1	30,18	115,94	64,41
18	BBN	96,5	29,35	115,11	63,59
19	FUTBOL FM	96,9	31,11	116,87	65,35
20	LA FABU	97,3	26,18	111,95	60,42
21	CENTRO FM	97,7	29,20	114,97	63,44
22	PROYECCIÓN	98,1	28,78	114,55	63,02
23	ARMÓNICA FM	98,9	31,67	117,44	65,91
24	LA LUNA	99,3	33,09	118,85	67,33
25	LA RUMBERA	99,7	31,28	117,05	65,52
26	MARÍA	100,1	30,85	116,61	65,09
27	CULTURA FM	100,9	36,67	122,44	70,91
28	ONDA AZUL	101,3	21,61	107,37	55,85
29	SUCESOS	101,7	27,99	113,75	62,23
30	LA RED	102,1	31,03	116,79	65,26
31	FRANCISCO STEREO	102,5	27,09	112,86	61,33
32	DISTRITO FM	102,9	29,88	115,64	64,11
33	SONORAMA	103,7	31,07	116,83	65,31
34	COBERTURA FM	104,1	27,67	113,44	61,91
35	AMÉRICA	104,5	28,94	114,70	63,17
36	ECUASHYRI	104,9	27,84	113,60	62,07
37	RADIO PUBLICA	105,3	29,47	115,23	63,71
38	HOT 106	106,1	29,72	115,48	63,96
39	CANELA	106,5	31,39	117,15	65,63
40	RADIO CIUDADANA	106,9	30,36	116,13	64,60
41	JC RADIO	107,3	28,39	114,16	62,63

Solanda

Nº	Nombre Emisora	Frecuencia Portadora [MHz]	Densidad de Potencia [dBmW/m ²]	Campo Eléctrico [dBuV/m]	Campo Magnético [dBuA/m]
1	LATINA FM	88,1	19,92	105,68	54,16
2	METRO FM	88,5	24,30	110,07	58,54
3	HCJB	89,3	24,75	110,52	58,99
4	MAJESTAD	89,7	24,90	110,66	59,13
5	PLATINUM	90,9	21,35	107,11	55,59
6	LA OTRA	91,3	24,99	110,75	59,22
7	VISIÓN FM	91,7	28,20	113,96	62,44
8	CONTACTO NUEVO	92,1	20,56	106,32	54,79
9	GENIAL EXA	92,5	28,78	114,55	63,02
10	MÚSICA Y SONIDO	92,9	20,06	105,83	54,30
11	ERES	93,3	25,74	111,51	59,98
12	CATÓLICA NACIONAL	94,1	20,54	106,30	54,77
13	UNICA DEPORTIVA	94,5	30,71	116,47	64,94
14	GITANA	94,9	26,39	112,15	60,62
15	PICHINCHA UNIVERSAL	95,3	22,96	108,72	57,20
16	ASAMBLEA	95,7	25,74	111,50	59,97
17	LOS 40	96,1	17,16	102,93	51,40
18	BBN	96,5	25,95	111,71	60,18
19	FUTBOL FM	96,9	28,26	114,03	62,50
20	LA FABU	97,3	21,15	106,92	55,39
21	CENTRO FM	97,7	27,31	113,07	61,54
22	PROYECCIÓN	98,1	25,33	111,09	59,57
23	ARMÓNICA FM	98,9	28,57	114,33	62,81
24	LA LUNA	99,3	24,69	110,46	58,93
25	LA RUMBERA	99,7	16,65	102,42	50,89
26	MARÍA	100,1	27,68	113,44	61,91
27	CULTURA FM	100,9	25,85	111,61	60,09
28	ONDA AZUL	101,3	14,94	100,70	49,17
29	SUCESOS	101,7	26,28	112,05	60,52
30	LA RED	102,1	25,30	111,07	59,54
31	FRANCISCO STEREO	102,5	22,11	107,88	56,35
32	DISTRITO FM	102,9	28,82	114,58	63,06
33	SONORAMA	103,7	27,99	113,75	62,23
34	COBERTURA FM	104,1	21,35	107,11	55,59
35	AMÉRICA	104,5	24,85	110,61	59,08
36	ECUASHYRI	104,9	24,18	109,94	58,41
37	RADIO PUBLICA	105,3	25,99	111,75	60,23
38	HOT 106	106,1	24,27	110,03	58,51
39	CANELA	106,5	28,88	114,64	63,11
40	RADIO CIUDADANA	106,9	21,76	107,53	56,00
41	JC RADIO	107,3	24,03	109,79	58,27

La Delicia

Nº	Nombre Emisora	Frecuencia Portadora [MHz]	Densidad de Potencia [dBmW/m ²]	Campo Eléctrico [dBuV/m]	Campo Magnético [dBuA/m]
1	LATINA FM	88,1	12,26	98,02	46,50
2	METRO FM	88,5	16,26	102,02	50,50
3	HCJB	89,3	18,87	104,64	53,11
4	MAJESTAD	89,7	16,09	101,85	50,33
5	PLATINUM	90,9	16,31	102,07	50,54
6	LA OTRA	91,3	20,74	106,50	54,97
7	VISIÓN FM	91,7	17,45	103,21	51,68
8	CONTACTO NUEVO	92,1	15,26	101,02	49,50
9	GENIAL EXA	92,5	21,47	107,23	55,71
10	MÚSICA Y SONIDO	92,9	15,70	101,46	49,93
11	ERES	93,3	17,12	102,88	51,36
12	CATÓLICA NACIONAL	94,1	12,11	97,88	46,35
13	UNICA DEPORTIVA	94,5	17,99	103,75	52,22
14	GITANA	94,9	15,07	100,83	49,31
15	PICHINCHA UNIVERSAL	95,3	15,87	101,64	50,11
16	ASAMBLEA	95,7	19,51	105,27	53,75
17	LOS 40	96,1	18,26	104,02	52,50
18	BBN	96,5	16,90	102,66	51,13
19	FUTBOL FM	96,9	21,39	107,15	55,63
20	LA FABU	97,3	15,33	101,10	49,57
21	CENTRO FM	97,7	21,74	107,51	55,98
22	PROYECCIÓN	98,1	17,89	103,66	52,13
23	ARMÓNICA FM	98,9	18,99	104,75	53,23
24	LA LUNA	99,3	17,51	103,27	51,75
25	LA RUMBERA	99,7	14,45	100,21	48,68
26	MARÍA	100,1	19,87	105,64	54,11
27	CULTURA FM	100,9	14,60	100,36	48,83
28	ONDA AZUL	101,3	15,85	101,61	50,09
29	SUCESOS	101,7	17,85	103,61	52,08
30	LA RED	102,1	16,07	101,83	50,31
31	FRANCISCO STEREO	102,5	14,35	100,11	48,59
32	DISTRITO FM	102,9	19,65	105,41	53,89
33	SONORAMA	103,7	17,30	103,07	51,54
34	COBERTURA FM	104,1	16,47	102,23	50,71
35	AMÉRICA	104,5	16,07	101,83	50,31
36	ECUASHYRI	104,9	15,65	101,41	49,89
37	RADIO PUBLICA	105,3	16,39	102,15	50,63
38	HOT 106	106,1	16,45	102,21	50,68
39	CANELA	106,5	20,26	106,02	54,50
40	RADIO CIUDADANA	106,9	18,72	104,48	52,96
41	JC RADIO	107,3	16,07	101,83	50,31